ARUP

BRUNO MATTEO
2025.12.17 21:09:32
CN=BRUNO MATTEO
C=IT
2.5.4.4=BRUNO
2.5.4.42=MATTEO

Amazon Data Services Italy srl

Progetto di Data Center Edificio A (Zibido San Giacomo)

ADS Italy srl – Progetto di Data Center Edificio A (Zibido San Giacomo)

Studio di Impatto Ambientale

SIA_All.4 – Valutazione dispersione in atmosfera

A | 31 Ottobre 2025

Questa relazione è stata redatta per tener conto delle particolari prescrizioni ed esigenze del Cliente. Non è intesa per essere divulgata a terze parti, per altri scopi. In tal caso, non viene assunta alcuna responsabilità per l'uso che ne venga fatto da parte di terzi.

Job number 306134

Arup Italia S.r.l.
Corso Italia 1
Milan
20122
Italy
arup.com

ARUP

Verifica Documento

Progetto	ADS Edificio A
Titolo Documento	ADS Edificio A_Studio di Impatto Ambientale_ SIA_All.4 - Valutazione dispersione in atmosfera
Job number	306134
Documento rif	-
File rif	-

Rev.	**Data**	**Nome del file**	ADS Edificio A_Studio di Impatto Ambientale_ SIA_All.4 - Valutazione dispersione in atmosfera		
A	31/10/2025	**Descrizione**	Studio di Impatto Ambientale – Allegato 4_Valutazione dispersione in atmosfera		
			Redatto da	**Verificato da**	**Approvato da**
		Nome	AS	SL	SL
		Firma	CI ERM	SA	
		Nome del file			
		Descrizione			
			Redatto da	**Verificato da**	**Approvato da**
		Nome			
		Firma			
		Nome del file			
		Descrizione			
			Redatto da	**Verificato da**	**Approvato da**
		Nome			
		Firma			

Emissione Verifica Documento in allegato al Documento ☑

Indice

1.	Introduzione	4
2.	Normativa in materia di qualità dell'aria	4
2.1	Normativa nazionale	4
2.2	Normativa Europea	5
3.	Qualità dell'aria nell'area	5
3.1	Ossidi di azoto (NO_x)	6
3.2	Biossido di zolfo (SO_2)	8
3.3	Monossido di carbonio (CO)	8
3.4	Particolato atmosferico (PM_{10} e $PM_{2.5}$)	9
4.	Sistema modellistico	12
4.1	Descrizione del modello Aermod	13
4.2	Dominio di calcolo	15
4.3	Input al modello	15
4.4	Scenari emissivi	19
4.5	Building Downwash	20
4.6	Assunzioni modellistiche	23
5.	Risultati del sistema modellistico	25
5.1	Scenario di manutenzione	26
5.2	Scenario di emergenza	37
6.	Conclusioni	49
All. 4a -	Caratteristiche emissive dei generatori	50

Introduzione

Il presente documento riporta la metodologia e i risultati dello studio modellistico di ricadute in atmosfera condotto a supporto dello Studio di Impatto Ambientale del Progetto di un Data Center localizzato nel Comune di Zibido San Giacomo, in Provincia di Milano.

Lo scopo dello studio è di valutare gli impatti atmosferici generati dall'esercizio del Data Center. Gli inquinanti di interesse sono: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO_x) e polveri (PM_{10} e $PM_{2.5}$).

La simulazione della qualità dell'aria è stata eseguita utilizzando il sistema di modellazione AERMET-AERMOD, raccomandato dall'USEPA. Una descrizione del sistema di modellazione AERMET-AERMOD, nonché dei moduli di esecuzione del modello e delle impostazioni, viene riportata nel Paragrafo 4.

I risultati del modello sono stati confrontati con la normativa italiana relativa agli standard di qualità dell'aria, il D.Lgs. 155 del 13/8/2010, che riporta limiti di qualità dell'aria per i principali inquinanti e la nuova direttiva EU 2024/2881 del 23 Ottobre 2024 "on ambient air quality and cleaner air for Europe ", che pone degli obiettivi da raggiungere per il 2030 sulla qualità dell'aria.

2. Normativa in materia di qualità dell'aria

2.1 Normativa nazionale

La normativa relativa agli standard di qualità dell'aria è regolata dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010, che, recependo la Direttiva 2008/50/CE, armonizza la preesistente normativa in materia di qualità dell'aria riportando in un solo atto normativo i limiti di qualità dell'aria per i principali inquinanti. Nelle seguenti Tabelle (Tabella 1 e Tabella 2) si riportano i principali parametri di valutazione della qualità dell'aria previsti dal D.Lgs. 155/2010 per gli inquinanti principali: **NO_2, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$**. I valori limite sono espressi in termini di concentrazione normalizzate ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101,3 kPa.

Sostanza	*Tipologia*	*Valore*	*Riferimento Legislativo*
NO_2	Valore limite annuale	40 µg/m³	D.Lgs. 155/2010
	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m³	
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10000 µg/m³	
PM10	Valore limite annuale	40 µg/m³	
	Limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m³	
PM2.5	Valore limite annuale	25 µg/m³	

Tabella 1 – Limiti di inquinanti in aria secondo d.Lgs 155/2010

Tali limiti normano sia episodi di esposizione acuta (limiti orari o giornalieri) che episodi di esposizione cronica o a lungo termine (limiti annuali).

2.2 Normativa Europea

L'Unione Europea ha rilasciato un'ulteriore direttiva in relazione alla qualità dell'aria, finalizzata alla protezione della salute umana. La direttiva 2024/2881 del 23 Ottobre 2024 "*on ambient air quality and cleaner air for Europe*" in particolare pone degli obiettivi da raggiungere per il 2030 imponendo limiti normalmente più stringenti rispetto alla normativa nostrana. Al momento della stesura del presente studio l'Italia non ha ancora recepito tale Direttiva; tuttavia, se ne riportano i valori limite per completezza e allineamento ai più recenti standard.

Sostanza	*Tipologia*	*Valore*	*Riferimento Legislativo*
NO_2	Valore limite annuale	20 µg/m³	D Eu 2024/2881
	Limite giornaliero da non superare più di 18 volte per anno civile	50 µg/m³	
	Limite orario da non superare più di 3 volte per anno civile	200 µg/m³	
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10000 µg/m³	
PM10	Valore limite annuale	20 µg/m³	
	Limite giornaliero da non superare più di 18 volte per anno civile	45 µg/m³	
PM2.5	Valore limite annuale	10 µg/m³	
	Limite giornaliero da non superare più di 18 volte per anno civile	25 µg/m³	

Tabella 2 – Limiti di inquinanti in aria secondo Direttiva Europea 2024/2881

Sostanza	*Tipologia*	*Valore*	*Riferimento Legislativo*
NH_3	Massimo giornaliero della media di 8 h	270 µg/m³	Linee Guida Europee per la Qualità dell'Aria, 2000 (limite per la protezione della vegetazione)
	Valore limite annuale	8 µg/m³	

Tabella 3 – limiti di qualità dell'aria secondo linee guida europee definite dall'OMS nel 2000 (*Linee guida per la qualità dell'aria in Europa*, 2ª edizione, 2000[1])

3. Qualità dell'aria nell'area

Lo stato della qualità dell'aria dell'Area Vasta è stato caratterizzato utilizzando i dati dell'ultimo Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Milano, redatto da Arpa Lombardia nel 2023.

[1] https://www.who.int/publications/i/item/9789289013581

La Rete di rilevamento della Qualità dell'Aria regionale è attualmente composta da 85 stazioni fisse (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, inceneritori) che, per mezzo di analizzatori automatici, forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente con cadenza oraria).

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio. Oltre alle stazioni del Programma di Valutazione (PdV), sul territorio regionale sono in funzione alcune stazioni di interesse locale o legate ad autorizzazione attive nel 2023.

Nel territorio della Città Metropolitana di Milano, nel quale ricade il Comune dove sorgerà il Progetto, è presente una rete pubblica di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) di proprietà di ARPA e gestita dall'U.O. Qualità dell'Aria.

La rete pubblica attualmente è costituita da 16 stazioni fisse del PdV e 5 postazioni di interesse locale.

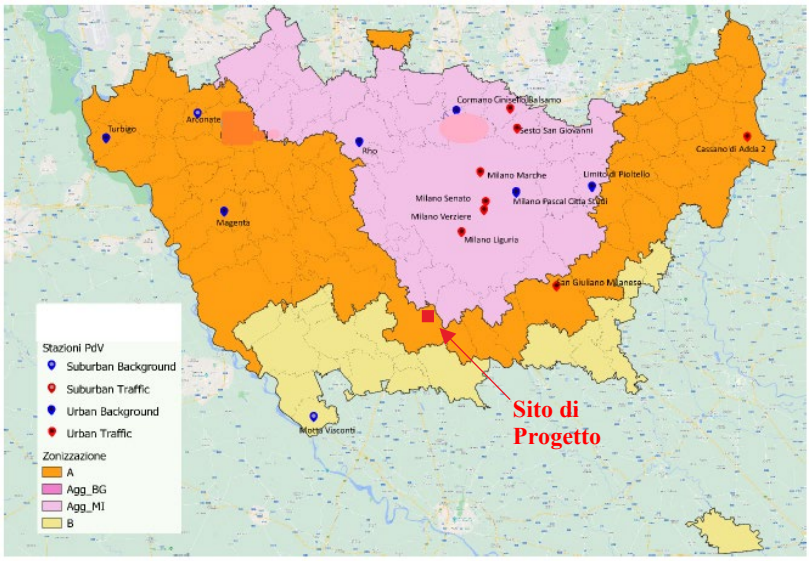

Figura 1 Localizzazione delle stazioni fisse della Città Metropolitana di Milano

Come visibile dalla Figura 1, non sono presenti stazioni fisse nelle vicinanze dell'area di Progetto. Per tale ragione l'analisi sulla qualità dell'aria si baserà sui dati delle stazioni del Programma di Valutazione della Città Metropolitana di Milano.

3.1 Ossidi di azoto (NO_x)

Si riporta in Figura 2 seguente l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il biossido di azoto, ottenuti per la rete di monitoraggio della Regione Lombardia, nel corso del 2023, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della Città Metropolitana di Milano.

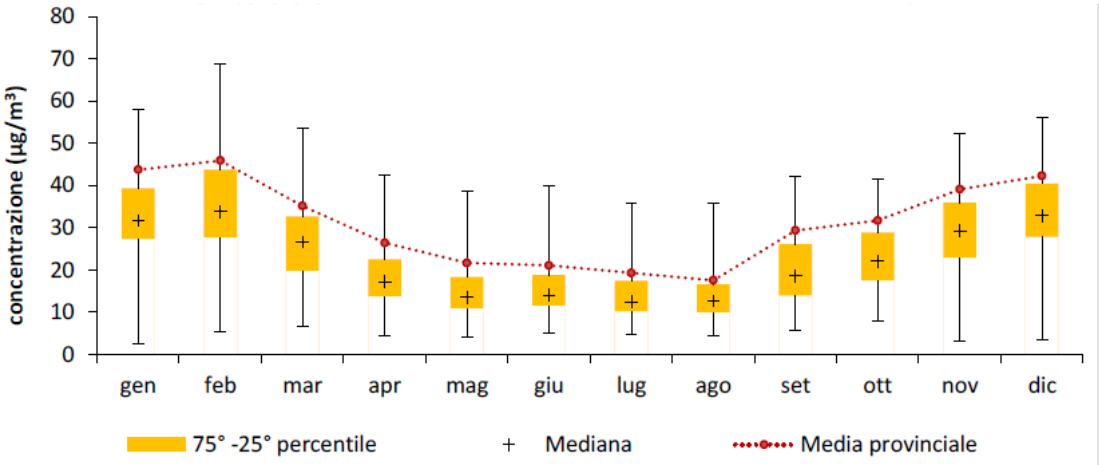

Figura 2 Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria (RRQA) della Lombardia incluse nel Programma di Valutazione per l'NO_2 nel 2023

L'andamento annuale delle concentrazioni di biossido di azoto evidenzia una significativa variabilità stagionale, caratterizzandosi per valori più elevati durante la stagione invernale. Questo fenomeno è attribuibile a una minore dispersione atmosferica nei mesi freddi e alla presenza di fonti aggiuntive di emissioni, come il riscaldamento domestico. Le misurazioni registrate nella Città Metropolitana di Milano rientrano nel range di variabilità regionale, superando di poco il 75° percentile. Sebbene queste concentrazioni non rappresentino un problema critico per il territorio, indicano chiaramente l'importante livello di urbanizzazione presente nella provincia, accentuato dalla forte pressione del traffico veicolare.

Nella successiva Figura si riporta invece il trend annuale delle concentrazioni di NO_2 delle stazioni del PdV della Regione confrontato con il trend della Città Metropolitana di Milano.

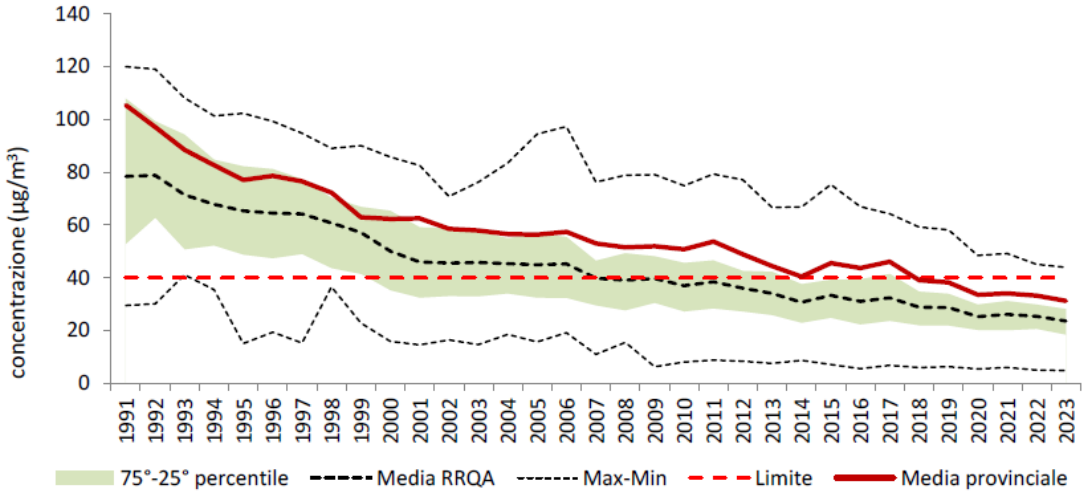

Figura 3 Andamento delle concentrazioni medie annuali di NO_2 della Regione confrontato con il trend della provincia di Milano

Si nota una generale diminuzione delle concentrazioni di NO_2 nel tempo, con un calo significativo a partire dagli anni 90 fino a raggiungere valori più stabili negli ultimi anni. La media provinciale di Milano, seppur riportando valori medi annui al di sotto del limite dal 2018, è sempre superiore della media regionale, indicando ancora una volta la forte influenza dell'urbanizzazione e delle emissioni veicolari sulla qualità dell'aria.

3.2 Biossido di zolfo (SO_2)

Si riporta di seguito, in Figura 4, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il biossido di zolfo, ottenuti per la rete di monitoraggio della Regione Lombardia, nel corso del 2023, e confrontati con i valori medi mensili registrati nelle stazioni della Città Metropolitana di Milano.

Le concentrazioni di biossido di zolfo misurate nelle centraline della Città Metropolitana di Milano sono risultate in linea con quelle registrate nelle altre centraline lombarde, con valori per lo più appena superiori al 75° percentile. In generale, le concentrazioni di biossido di zolfo sono ormai ovunque ben al di sotto dei limiti di legge e, di fatto, non costituiscono più un rilevante problema di inquinamento atmosferico.

Nella successiva Figura 5 è riportato il trend annuale delle concentrazioni di SO_2 delle stazioni del PdV della Regione confrontato con il trend della Città Metropolitana di Milano.

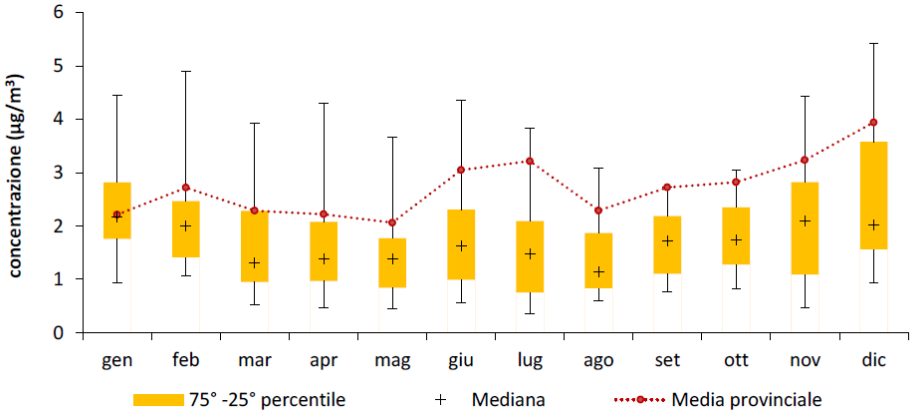

Figura 4 Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della RRQA della Lombardia per il SO_2 nel 2023

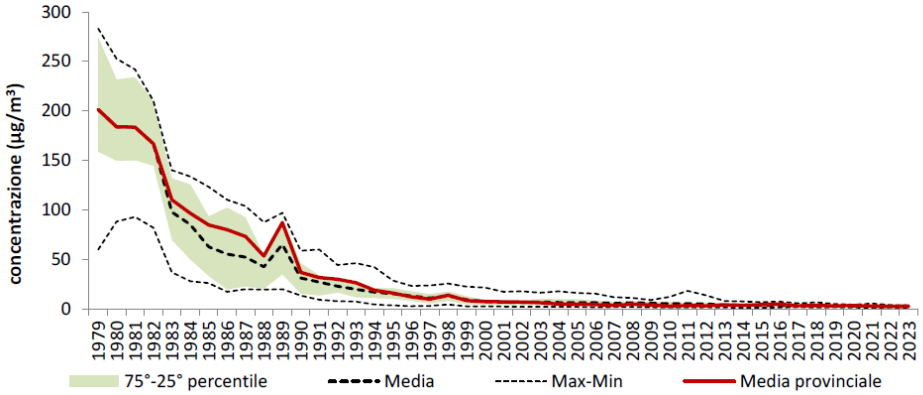

Figura 5 Andamento delle concentrazioni medie annuali di SO_2 della Regione confrontato con il trend della provincia di Milano

3.3 Monossido di carbonio (CO)

Si riporta di seguito l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il monossido di carbonio, ottenuti per la rete di monitoraggio della

regione Lombardia, nel corso del 2023, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della Città Metropolitana di Milano.

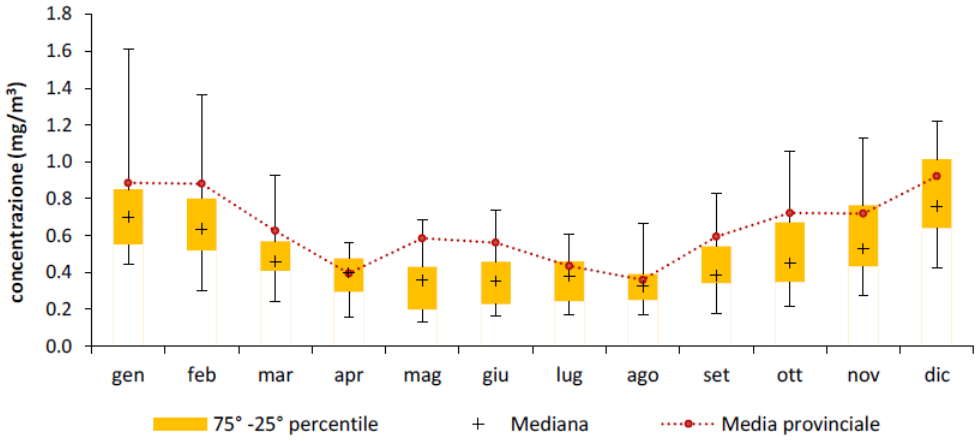

Figura 6 Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della RRQA della Lombardia per il CO nel 2023

I valori ambientali di monossido di carbonio sono andati diminuendo negli anni, fino a raggiungere livelli prossimi al fondo naturale e al limite di rilevabilità degli analizzatori: le concentrazioni sono ormai ovunque ben al di sotto dei limiti di legge non costituendo più un rilevante problema di inquinamento atmosferico.

Infine, in Figura 7 seguente è riportato l'andamento annuale delle concentrazioni di monossido di carbonio delle stazioni regionali confrontato con quello della Città Metropolitana di Milano.

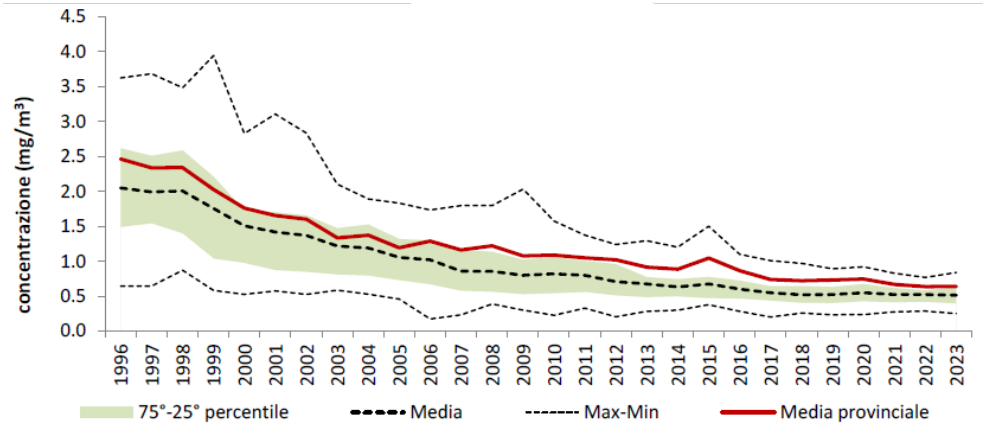

Figura 7 Andamento delle concentrazioni medie annuali di CO della Regione confrontato con il trend della provincia di Milano

3.4 Particolato atmosferico (PM_{10} e $PM_{2.5}$)

Si riporta di seguito, nelle Figura 8 e Figura 9, l'andamento dei valori minimi e massimi e del 25°, 50° (mediana) e 75° percentile, relativi alle medie mensili per il PM_{10} e $PM_{2.5}$ ottenuti per la rete di monitoraggio della Regione Lombardia, nel corso del 2023, e confrontati con i valori medi mensili registrati dalle stazioni della Città Metropolitana di Milano.

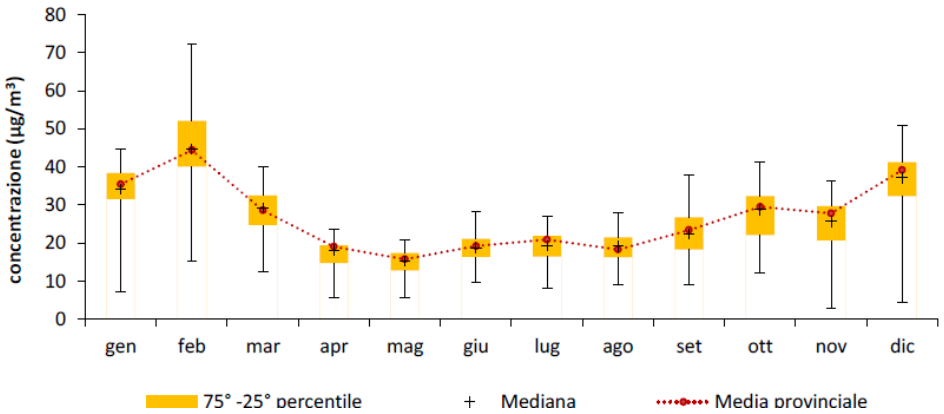

Figura 8 Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della RRQA della Lombardia per il PM_{10} nel 2023

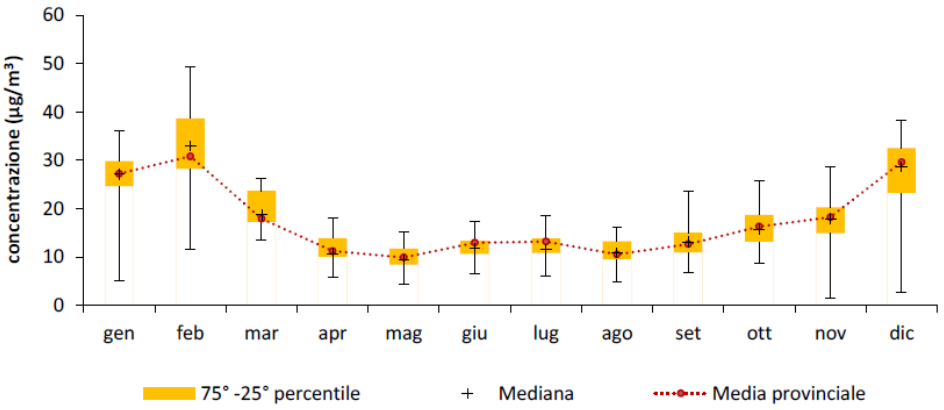

Figura 9 Andamento delle concentrazioni medie mensili delle stazioni della RRQA della Lombardia per il $PM_{2.5}$ nel 2023

L'andamento annuale delle concentrazioni di PM_{10} e $PM_{2.5}$ come nel caso degli altri inquinanti, evidenzia una significativa variabilità stagionale, con valori più elevati durante i mesi invernali. Questo è attribuibile sia alla minore capacità dell'atmosfera di disperdere le particelle nei periodi più freddi, sia alla presenza di ulteriori fonti di inquinamento, come il riscaldamento domestico. La sostanziale uniformità delle concentrazioni misurate nel bacino e la loro correlazione con le condizioni meteorologiche vengono confermate dalla ridotta distanza interquartile osservata all'interno di ciascun mese analizzato.

Nella Città Metropolitana di Milano, le medie provinciali dei valori registrati riflettono il trend regionale, posizionandosi per lo più attorno alla mediana delle concentrazioni a livello regionale. È inoltre confermata la moderata tendenza di miglioramento negli anni (Figura 10 e Figura 11).

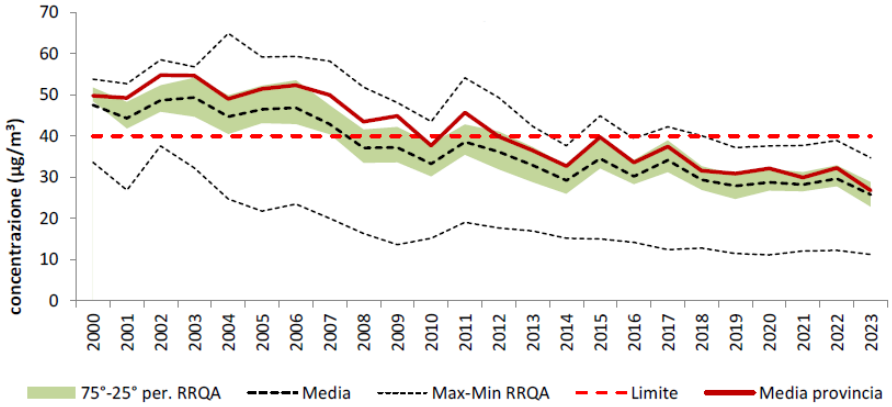

Figura 10 Andamento delle concentrazioni medie annuali di PM_{10} della Regione confrontato con il trend della Città Metropolitana di Milano

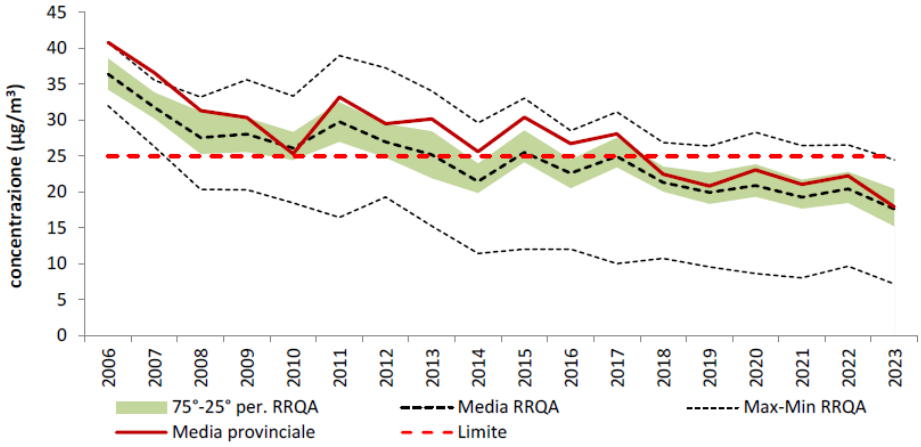

Figura 11 Andamento delle concentrazioni medie annuali di $PM_{2.5}$ della Regione confrontato con il trend della Città Metropolitana di Milano

4. Sistema modellistico

La previsione e la stima dei livelli di concentrazione al suolo di inquinanti da sorgenti di emissione è stata effettuata attraverso l'utilizzo di specifica modellistica diffusionale.

I modelli diffusionali rappresentano, in maniera più o meno semplificata, la diffusione di sostanze in atmosfera in relazione alle caratteristiche delle emissioni (quantità di inquinante emesso, temperatura, velocità, etc.) e alle condizioni meteorologiche. Per mezzo di questi strumenti di analisi è possibile, partendo da una conoscenza delle emissioni e delle condizioni meteorologiche, simulare il fenomeno della diffusione dell'inquinante con buona approssimazione. I dati ottenuti da queste simulazioni possono quindi venire utilizzati per valutare il campo di concentrazione della sostanza oggetto di studio all'interno del dominio di calcolo.

A livello mondiale esistono numerosi modelli matematici di simulazione della diffusione atmosferica. Per facilitare la scelta all'utente finale, l'USEPA (United States Environmental Protection Agency), l'ente di protezione ambientale americana, massima autorità mondiale nel settore, su mandato del Congresso degli Stati Uniti cura la pubblicazione della guida ai modelli sulla qualità dell'aria che debbono essere utilizzati per gli scopi indicati.

I modelli inseriti in questa guida sono stati sviluppati dall'EPA stessa o da centri privati. In entrambi i casi, prima di essere registrati nel "Federal Register" ed essere inseriti nella guida, i modelli vengono sottoposti ad una estesa serie di procedure di validazione scientifica.

L'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in atmosfera dell'opera in progetto è stata effettuata mediante l'applicazione del sistema di modelli AERMET-AERMOD, dove AERMET è il modello meteorologico e AERMOD è il modello per le ricadute al suolo degli inquinanti. Le informazioni in quota necessarie al modello meteorologico sono fornite dal modello MM5 (per maggiori dettagli si veda il Paragrafo 4.3.1).

Lo schema di funzionamento dei modelli utilizzati è riportato nella seguente Figura.

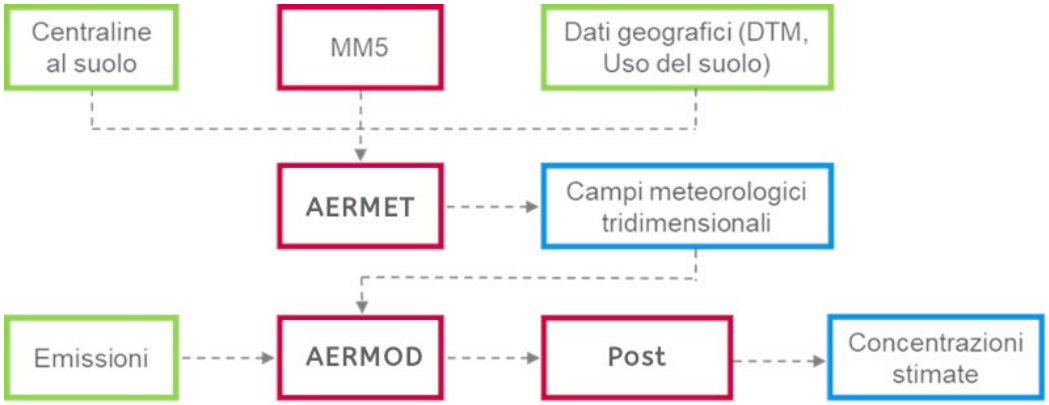

Figura 12 Schema del sistema modellistico impiegato (Fonte: ERM)

4.1 Descrizione del modello Aermod

AERMOD è uno "steady-state plume model", ovvero un modello analitico stazionario a pennacchio che simula la dispersione degli inquinanti in atmosfera basandosi sull'equazione gaussiana, e ne calcola la concentrazione nel dominio d'indagine in corrispondenza di recettori distribuiti su una griglia (definita dall'utente) o discreti. Il codice prevede la possibilità di considerare diverse tipologie di fonti emissive (puntuali, areali, volumiche) e a ciascun tipo di sorgente corrisponde un diverso algoritmo per il calcolo della concentrazione per un singolo inquinante. Il modello calcola il contributo di ciascuna sorgente su ciascun recettore e ne somma gli effetti.

Poiché il modello è stazionario, le emissioni sono assunte costanti nell'intervallo temporale di simulazione (generalmente un'ora). Il software specificatamente utilizzato per l'attuazione del modello permette inoltre di configurare la variabilità nel tempo dei flussi di massa per ciascuna sorgente. Tale funzione è stata utilizzata per tenere conto delle variazioni stagionali delineate nel precedente paragrafo.

Le principali caratteristiche innovative di AERMOD rispetto al predecessore ISC sono:

- trattazione differente della dispersione degli inquinanti nello SBL (Stable Boundary Layer) e nel CBL (Convective Boundary Layer): nel primo caso, in condizioni stabili, la distribuzione di concentrazione segue una curva gaussiana sia in orizzontale che in verticale, mentre nel secondo caso, in condizioni di instabilità, la distribuzione di concentrazione segue una curva gaussiana in direzione orizzontale, e in verticale segue una funzione di densità di probabilità di tipo bi-gaussiano;
- possibilità di trattare il fenomeno detto "plume lofting" nel CBL, per il quale una porzione di massa del pennacchio emessa dalla sorgente, sale e rimane nella parte superiore dello strato stabile prima di essere mescolata dalla turbolenza del CBL;
- possibilità di ricostruire i profili verticali delle variabili meteorologiche più significative (vento, temperatura, turbolenza, ecc.) utilizzando i dati rilevati al suolo e in quota;
- possibilità di considerare fenomeni di deposizione e reazione/trasformazione chimica degli inquinanti;
- possibilità di trattare considerare condizioni orografiche sia semplici che complesse.

Per elaborare i dati meteorologici di input Il modello si avvale dell'utilizzo del preprocessore meteorologico AERMET.

Lo scopo del preprocessore AERMET è quello di raccogliere ed elaborare i dati meteorologici rappresentativi della zona studiata, per calcolare i parametri dispersivi del PBL (Planetary Boundary Layer) e consentire così ad AERMOD di ricavarsi i profili verticali delle variabili più influenti su trasporto e dispersione degli inquinanti.

L'input di AERMET consiste di quattro tipi di dati:

1. DATI ORARI DI SUPERFICIE: parametri rilevati dalle stazioni meteorologiche (generalmente a 10 m dal suolo). Comprendono:
    - dati relativi alla stazione: numero identificativo, coordinate, quota;
    - dati meteorologici: temperatura, velocità e direzione del vento, copertura nuvolosa.
2. DATI ON-SITE (opzionali). Comprendono: radiazione solare, pressione atmosferica, umidità relativa, turbolenza, visibilità, precipitazioni.
3. DATI "UPPER AIR": dati meteorologici in quota, ad una serie di livelli di pressione compresi tra il suolo e l'altezza massima dello strato di mescolamento; possono essere direttamente

rilevati da stazioni meteorologiche (attrezzate con sonde, radar, ecc) che effettuano sondaggi in quota almeno due volte al giorno, o da sistemi di misurazione satellitari; altrimenti, possono essere utilizzati modelli meteorologici (per esempio RAMS) che elaborano i dati al suolo misurati dalle centraline per ottenere i valori corrispondenti alle diverse quote d'interesse. I dati "upper air" richiesti da AERMOD, oltre a quelli relativi alla stazione sono, per ogni livello di misurazione: pressione atmosferica, altezza geopotenziale, velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa.

4. PARAMETRI DI LAND-USE : i parametri di uso del suolo comprendono: Albedo, Bowen ratio, rugosità superficiale. Se non sono disponibili, il programma suggerisce dei valori che ricavati mediante abachi sperimentali (U.S.EPA) che determinano i valori dei parametri in funzione del periodo (stagione o mese) considerato e dell'uso del suolo.

AERMET elabora i dati meteorologici descritti per produrre i seguenti parametri, che verranno poi forniti come input ad AERMOD:

- H: flusso di calore sensibile;
- L: lunghezza di Monin-Obukhov per tutte le ore disponibili;
- u_*: velocità di attrito;
- Z_{im}: altezza di rimescolamento meccanico per tutte le ore disponibili;
- z_{ic}: altezza di rimescolamento convettivo (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
- w_*: velocità di scala turbolenta (solo per le ore in cui si ha turbolenza di origine convettiva);
- $r(\Phi)$: Albedo;
- B_0: Bowen ratio;
- u_{ref}: velocità del vento alla quota di riferimento z_{ref} ;
- T_{ref}: temperatura ambiente alla quota di riferimento z_{Tref};
- $d\theta/dz$: gradiente di temperatura potenziale.

AERMOD riceve in ingresso alcuni dati di input dello stesso AERMET:

- velocità e direzione del vento;
- temperatura;
- turbolenza verticale e laterale.

Di seguito viene brevemente spiegato il significato di alcune delle variabili più significative.

La velocità di attrito (u_*) è uno dei parametri che meglio rappresenta la turbolenza di origine meccanica. Essa ha le dimensioni di una velocità ed è descritta dalla relazione:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau(0)}{\rho}}$$

dove $\tau(0)$ indica il valore degli stress di Reynolds in superficie e ρ la densità. La u_* permette di quantificare lo sforzo di taglio del vento dovuto all'attrito con la superficie terrestre; il suo valore è proporzionale a velocità del vento e rugosità del suolo.

L'altezza di rimescolamento meccanico o convettivo (z_{im}, z_{ic}) ha un ruolo determinante per la definizione del volume di diluizione, all'interno del quale si ha la completa miscelazione dell'aria e

degli agenti inquinanti. E' un valore che può essere misurato (misure in quota o satellitari) oppure si può ricavare da relazioni sperimentali che legano questa variabile con parametri meteorologici più facilmente rilevabili.

La lunghezza di Monin-Obukhov (L) è un indicatore del tipo di turbolenza: si esprime infatti tramite un rapporto tra la misura della turbolenza di origine meccanica e quella di origine termica.

L'output di AERMET viene elaborato da AERMOD per ottenere due record di parametri caratterizzanti il PBL: uno per i valori delle variabili meteorologiche al suolo ed i parametri di superficie (SURFACE.DAT), e l'altro per i profili verticali delle variabili più significative per il trasporto e la dispersione degli inquinanti (PROFILE.DAT) che sono:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- temperatura;
- gradiente di temperatura potenziale;
- turbolenza verticale;
- turbolenza orizzontale.

A questo punto, attraverso un'operazione simile alla media statistica, AERMOD effettua una conversione delle variabili disomogenee, rendendole uniformi: partendo dai profili verticali si ottengono singoli valori delle variabili meteorologiche, che vengono assunti come rappresentativi del loro andamento in tutto lo strato esaminato.

Un fattore limitante è costituito dal fatto che le condizioni meteorologiche sono assunte costanti ed omogenee in tutto il dominio, non consentendo di valutare gli effetti delle loro variazioni sulla dispersione degli inquinanti.

4.2 Dominio di calcolo

Il dominio meteorologico rappresenta l'area nella quale il pre-processore meteorologico AERMET ricostruisce le variabili meteorologiche necessarie per la simulazione della dispersione atmosferica. Il dominio di calcolo o di simulazione, *Sampling Domain*, rappresenta la matrice regolare di recettori alle cui posizioni il modello AERMOD calcola la concentrazione degli inquinanti simulati.

Il dominio di calcolo meteorologico (*meteorological grid*), nel quale è stato ricostruito il campo di vento corrisponde ad una griglia 20 x 20 km, centrata in corrispondenza dell'impianto ed orientata in modo che l'asse delle ordinate coincida con il nord. La risoluzione del dominio meteorologico è di 3000 m.

Il dominio di calcolo entro il quale sono state calcolate le ricadute al suolo degli inquinanti simulati (*sampling grid*) corrisponde invece ad una griglia 20 x 20 km, caratterizzato da una risoluzione spaziale pari a 125 m.

Il dominio temporale dello studio modellistico è definito come il periodo simulato dal modello; tale dominio è stato scelto coincidente con l'intero anno 2024 (8.760 ore).

4.3 Input al modello

4.3.1 Dati meteorologici

Per gli scenari diffusivi sono stati utilizzati dati orari elaborati dal modello MM5 (5th generation Mesoscale Model) forniti dalla Enviroware. Tali dati sono stati forniti già nel formato utilizzato dal AERMET sia per quanto riguarda i dati Surface che i dati Upper Air. Le serie di dati orari fornite dal modello MM5 sono relative ai seguenti parametri: Piovosità, Pressione, Velocità del Vento, Direzione

del Vento, Umidità relativa, Temperatura, Altezza del primo strato di nubi, Copertura Nuvolosa Totale e Radiazione solare; oltre a questi sono stati forniti i dati sui profili verticali (Upper Air).

Il modello mesoscalare PSU/NCAR è un modello a coordinate sigma a seguire il terreno, a dominio limitato e non idrostatico o idrostatico (solo nella Versione 2), progettato per simulare o prevedere la circolazione atmosferica su scala mesoscalare e regionale. È stato sviluppato presso la Penn State e il NCAR come modello mesoscalare comunitario ed è continuamente migliorato grazie ai contributi degli utenti di diverse università e laboratori governativi.

Il modello mesoscalare NCAR/Penn State di quinta generazione (MM5) è l'ultima evoluzione di una serie di modelli derivata dal modello mesoscalare utilizzato da Anthes alla Penn State nei primi anni '70 e successivamente documentato da Anthes e Warner (1978). Da allora, ha subito numerose modifiche per ampliarne l'utilizzo. Tra queste vi sono:

- la capacità di nidificazione multipla,
- dinamiche non idrostatiche, che consentono l'uso del modello su scala di pochi chilometri,
- capacità di multitasking su macchine a memoria condivisa e distribuita,
- una capacità di assimilazione dati in quattro dimensioni
- un numero maggiore di opzioni fisiche.

Il modello (noto come MM5) è supportato da diversi programmi ausiliari, che insieme costituiscono il sistema di modellazione MM5.

I dati meteorologici terrestri e isobarici vengono interpolati orizzontalmente (programmi TERRAIN e REGRID) da una griglia latitudine-longitudine a un dominio ad alta risoluzione variabile, utilizzando una proiezione di tipo Mercatore, Lambert conforme o stereografica polare. Poiché l'interpolazione non fornisce dettagli mesoscalari, i dati interpolati possono essere migliorati (programmi RAWINS o little_r) con osservazioni provenienti dalla rete standard di stazioni di superficie e di radiosondaggio, utilizzando una tecnica di scansione successiva di Cressman o uno schema multiquadric. Il programma INTERPF esegue l'interpolazione verticale dai livelli di pressione al sistema di coordinate sigma di MM5. Le superfici sigma vicino al suolo seguono fedelmente il terreno, mentre le superfici sigma di livello superiore tendono ad approssimare le superfici isobariche. Poiché la risoluzione verticale e orizzontale, così come le dimensioni del dominio, sono variabili, i programmi del pacchetto di modellazione utilizzano dimensioni parametrizzate che richiedono una quantità variabile di memoria centrale. Vengono inoltre impiegati alcuni dispositivi di archiviazione periferici.

Essendo MM5 un modello regionale, per l'esecuzione è necessario fornire una condizione iniziale e una condizione al contorno laterale. Per generare le condizioni al contorno laterali per un'esecuzione del modello, sono necessari dati grigliati che coprano l'intero periodo di integrazione del modello.

In Figura 13 si riporta la rosa dei venti relativa all'anno 2024 (anno considerato nella simulazione), calcolata partendo dai valori di velocità e direzione di provenienza del vento calcolati dal modello MM5 ad una altezza di 10 m sulla verticale della nuova area di progetto.

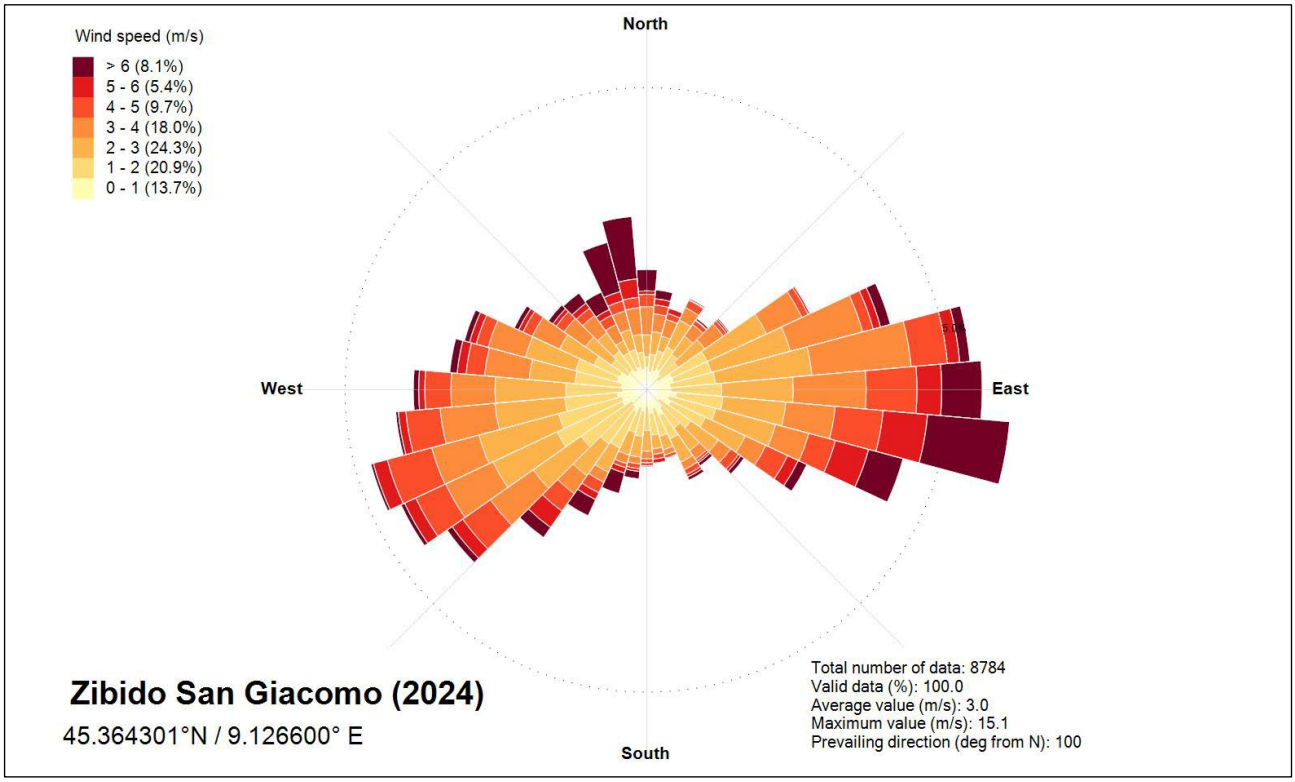

Figura 13 Rosa dei venti presso la nuova area di progetto anno 2024

4.3.2 Orografia ed uso del suolo

Il punto centrale di ogni cella nel sampling domain rappresenta un ricettore, la cui quota sul livello del mare dipende dall'orografia locale ed è data dal Digital Elevation Model. Pertanto, il sistema modellistico AERMET-AERMOD richiede un'accurata caratterizzazione geofisica del dominio meteorologico. In particolare, il modello ha bisogno dei seguenti dati sito-specifici:

- Orografia;
- Uso del suolo.

L'orografia media locale è stata ricostruita a partire dal dataset SRTM dell'USGS con risoluzione spaziale di circa 90 m, mentre l'utilizzo prevalente del suolo è già integrato nei calcoli del modello MM5, utilizzando come dati di partenza l'archivio "Corine Land Cover" prodotto dall'European Environment Agency.

4.3.3 Sorgenti emissive

Le emissioni del Datacenter sono esclusivamente riconducibili agli impianti di generazione di energia elettrica di emergenza installati presso il sito per la configurazione futura come da progetto.

Presso il sito saranno installati n.19 generatori di emergenza, di cui:

- 16 generatori da 2,8 MWe;
- 3 generatori tipo "house".

Poiché il data center sarà collegato direttamente alla rete elettrica nazionale, questi generatori funzioneranno esclusivamente nei rari casi di interruzione dell'alimentazione elettrica.

I test di routine dei generatori saranno effettuati periodicamente, rigorosamente durante le ore diurne dal lunedì al venerdì, esclusi i fine settimana e i giorni festivi.

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione prevista dei generatori di emergenza.

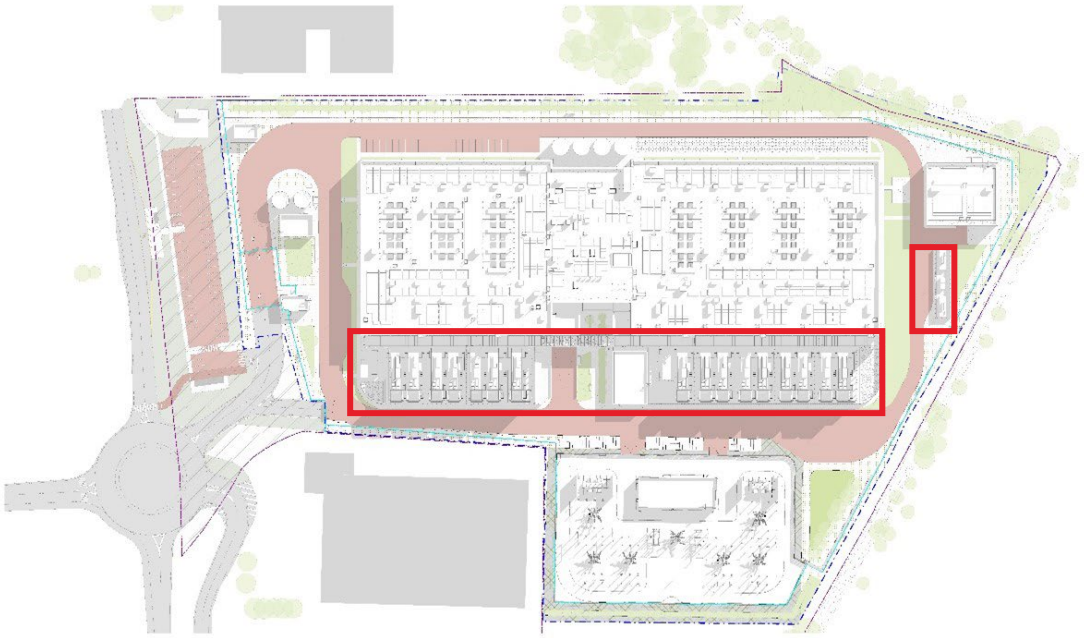

Figura 14 Ubicazione dei generatori di emergenza

Si riportano nella Tabella di seguito le caratteristiche geometriche ed emissive dei modelli di generatori identificati come peggiori dal punto di vista emissivo tra quelli considerati dal Proponente.

Oltre agli inquinanti tipici emessi da un generatore di emergenza, le simulazioni hanno incluso anche un flusso emissivo di ammoniaca (NH_3), al fine di tenere conto dello "slip" di NH_3 associato al sistema di abbattimento end-of-pipe specifico per gli ossidi di azoto, basato su tecnologia SCR con iniezione di AdBlue.

Le emissioni sono state assunte conservativamente pari a quelle di un carico dei generatori del 100%.

Parametro	*Unità di misura*	*Generatore da 2,8 MWe*	*Generatore di tipo "house"*
Numero di generatori	-	**16**	**3**
Temperatura dei fumi	°C	453	547
Velocità di uscita dei fumi	m/s	37,2	10,3
Diametro del camino	m	0,6	0,6
Altezza del camino	m	20	20
Portata dei fumi secchi @5% O_2	Nm^3/h	3,08	3,32
Concentrazione di PM nei fumi (@5% O_2)	mg/Nm^3	6,4	21
Concentrazione di NOx nei fumi con SCR (@5% O_2)	mg/Nm^3	145	145

Concentrazione di CO nei fumi (@5% O_2)	mg/Nm^3	81	1620
Concentrazione di NH_3 nei fumi (@5% O_2)	mg/Nm^3	7	7
Flusso di massa di PM nei fumi	g/s	0,020	0,017
Flusso di massa di NOx con SCR nei fumi	g/s	0,447	0,120
Flusso di massa di CO nei fumi	g/s	0,250	1,341
Flusso di massa di NH_3 nei fumi	g/s	0,021	0,006

Figura 15 Caratteristiche geometriche ed emissive dei generatori

4.4 Scenari emissivi

Nei seguenti paragrafi sono descritte le caratteristiche dei due scenari emissivi in input alle simulazioni. Tali scenari rappresentano le condizioni di esercizio del datacenter e si dividono principalmente in scenario di manutenzione e scenario di emergenza.

Infatti, i generatori saranno utilizzati per i test periodici che si svolgeranno solo nelle ore diurne, dal lunedì al venerdì (esclusi i fine settimana e i giorni festivi). Verrà testato un generatore alla volta. Di base, il datacenter sarà collegato direttamente alla rete elettrica nazionale. Nella rara eventualità di un'interruzione di corrente, l'alimentazione di riserva sarà fornita dai generatori di emergenza.

4.4.1 Scenario di manutenzione

Tale scenario simula le attività di manutenzione dei generatori programmate nel corso dell'anno.

E' importante notare come i generatori, che rappresentano l'unica sorgente emissiva di input al modello, siano un equipment ausiliario, in funzione unicamente per attività di manutenzione e controllo, per non più di 500 ore complessivamente, poiché durante le operazioni normali del data center, lo stesso è alimentato dalla rete elettrica.

Si riporta di seguito un'indicazione di massima della programmazione delle attività di manutenzione previste per ciascun generatore.

Tipo di test	Modalità	Descrizione
1 -Bisettimanale	0,5 ore per generatore (26 volte all'anno)	Considerare tutti i generatori in sito al 25% del carico. Un generatore testato alla volta (solo durante il giorno).
2 - Biannuale	1,5 ore per generatore, 2 volte all'anno	Considerare tutti i generatori in sito, operanti al 100% del carico. Un generatore testato alla volta (solo durante il giorno).
3 - Manutenzione	3 ore di funzionamento cumulativo nel corso dell'anno.	Considerare tutti i generatori in sito, operanti al 100% del carico. Un generatore testato alla volta (solo durante il giorno).

Tabella 4 - Attività di manutenzione programmate per ciascun generatore

Come riportato in Tabella, il programma di manutenzione prevede diverse tipologie di test, da effettuarsi su ciascun generatore nel corso dell'anno. Sono previsti test di cadenza bisettimanale, biannuale e annuale.

Le simulazioni del presente scenario hanno considerato i test dei generatori di emergenza in sequenza e senza mai accensione contemporanea di più gruppi elettrogeni. Si precisa inoltre che l'accensione programmata per ciascun generatore è pari ad un tempo di 60 minuti.

In ogni caso, i test programmati prevedono un funzionamento totale complessivo dei generatori inferiore a 500 ore/anno. Più precisamente, in base a quanto preliminarmente indicato in Tabella 4, si stimano 16 ore all'anno di manutenzione per ogni generatore.

Inoltre, per le simulazioni si è conservativamente tenuto conto di un carico dei generatori pari al 100%, nonostante nella realtà dei fatti, le attività di manutenzione verranno condotte operando i gruppi elettrogeni a carichi minori.

Tali ore sono state distribuite durante le ore diurne dei giorni lavorativi durante il corso dell'anno, sono nel modo più uniforme possibile, valutando quindi l'esercizio de gruppi stessi nelle diverse condizioni meteorologiche. In particolare, è stata simulata la manutenzione di due generatori al giorno al massimo, in una finestra temporale di 6 ore, dalle 10:00 alle 15:00 e solo nei giorni festivi. Nelle impostazioni del modello, queste ore sono state gestite tramite l'opzione delle emissioni variabili.

4.4.2 Scenario di emergenza

Lo scenario di emergenza testato simula un evento di blackout durante il quale il Data Center non può essere alimentato dalla rete elettrica nazionale. In questa fase quindi tutti i generatori di emergenza vengono attivati in contemporanea per soddisfare il fabbisogno energetico.

Tale scenario simula l'attivazione contemporanea di tutti i generatori presenti in sito per 72 ore consecutive. Tale impostazione risulta altamente cautelativa in quanto un evento di blackout di tale durata è da ritenersi altamente improbabile sulla base dei dati storici.

Si evidenzia che l'impostazione del modello è ulteriormente cautelativa in quanto, in fase di emergenza, due dei 19 generatori denominati "catcher" funzionano in condizione di carico minimo, ed entrano in funzione a pieno carico solo in caso di malfunzionamento degli altri generatori. Inoltre, anche in questo scenario, le emissioni considerate sono state conservativamente assunte pari a quelle di un carico dei generatori del 100%. Questo rappresenta lo scenario peggiore possibile, poiché è improbabile che tutti i generatori funzionino contemporaneamente a piena capacità.

Al fine di essere quanto più realistico e conservativo possibile, tale scenario ha visto la rappresentazione dell'episodio di emergenza di cui sopra, durante un normale anno solare nel quale avvengono tuttavia le consuete attività di manutenzione, andando così nei fatti a combinare lo scenario di manutenzione con un episodio di blackout che genera l'attivazione, per un periodo di 72 ore, di tutti i generatori.

Tramite un modello preliminare di screening basato sull'inquinante NO_2, è stato quindi identificato il momento peggiore a livello di condizioni meteo-diffusive nel dominio temporale di calcolo in cui potrebbe verificarsi un blackout e la conseguente accensione dei generatori per una durata di 72 ore. Questo periodo è risultato essere le 72 ore intorno alle 23.00 del 14/04/2024.

4.5 Building Downwash

La simulazione ha tenuto conto del fenomeno noto con il nome di "*effetto edificio*", o "*building downwash*" in quanto il pennacchio dei fumi emessi dal camino può essere richiamato al suolo dalle

turbolenze indotte dalla forza del vento sugli ostacoli, con una conseguente elevata concentrazione di inquinanti presso il suolo.

Se il pennacchio emesso subisce l'influenza idrodinamica dell'edificio, nel modello di simulazione vengono inseriti dei fattori correttivi che modificano i parametri di dispersione ed innalzamento del pennacchio. I risultati di molti esperimenti in galleria a vento hanno mostrato con precisione quale tipo di perturbazione ha luogo in presenza di edifici. Una visione complessiva di ciò che si verifica, se per semplicità si considera un edificio a forma di parallelepipedo, è riassunta nella Figura 16.

Sopravvento all'edificio, il profilo verticale della velocità media del vento presenta normalmente il tipico andamento circa logaritmico con la quota. Ciò che si viene a creare è (Hanna e al., 1982):

- una zona di stagnazione in corrispondenza della faccia sopravvento dell'edificio, che si estende dal suolo a circa 2/3 dell'altezza dell'edificio stesso;
- una zona di ricircolazione posta sulla sommità del parallelepipedo ed in corrispondenza delle facce laterali parallele alla direzione del vento;
- una zona immediatamente a valle della faccia sottovento, che rappresenta una cavità turbolenta causata dalla scia dell'edificio dove si instaura una circolazione vorticosa in media stagnante;
- una zona di scia turbolenta dove sono localizzate le principali perturbazioni al flusso, la quale, però, comincia a sottrarsi alla cavità e ricomincia a disporsi sempre più in una situazione simile a quella imperturbata.

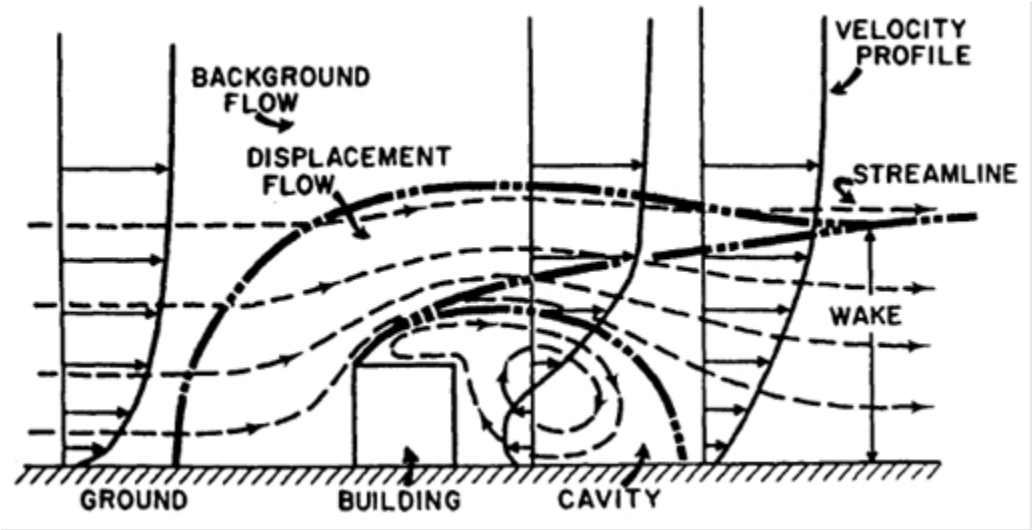

Figura 16 Perturbazione del Flusso delle Masse d'Aria in Presenza di un Edificio (Fonte: APAT)

Scopo dell'analisi descritta nel seguito è di verificare se sussistono le condizioni tali per cui è necessario implementare l'opzione "building downwash" nell'esecuzione del codice di calcolo del modello di simulazione.

Al fine di valutare se un edificio è sufficientemente vicino ad un camino tanto da generare effetti di scia si utilizza la relazione:

$$D \leq 5L_b$$

Dove:

- D è la distanza che intercorre tra l'edificio ed il camino;

- L_b è il minimo tra l'altezza dell'edificio e la sua proiezione trasversale alla direzione del vento.

In definitiva, si può escludere che un edificio possa generare effetto building downwash se il camino non ricade all'interno del rettangolo costruito come proposto in Figura 17 attorno all'edificio.

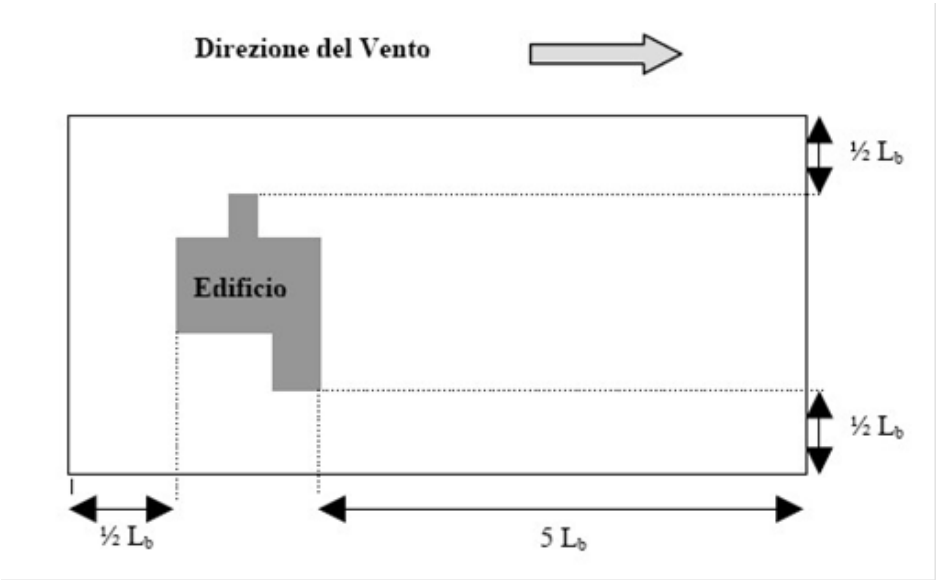

Figura 17 Definizione del Rettangolo Critico di Influenza di un Edificio (Fonte: APAT)

Se la condizione sopra proposta non è verificata, è impossibile escludere la presenza di possibili effetti di scia. Per poterne quindi valutare l'influenza, si procede al calcolo dell'innalzamento del pennacchio all'equilibrio, usando differenti formulazioni a seconda delle condizioni di stabilità dell'atmosfera.

Un camino posto all'interno del rettangolo critico non è praticamente influenzato dalla presenza dell'edificio se è soddisfatta la seguente disequazione:

$$H_e > H + 1{,}5 L_b$$

Dove:

- H_e = rappresenta l'innalzamento del pennacchio all'equilibrio;
- H = è l'altezza dell'edificio;
- L_b = è la minima tra l'altezza dell'edificio e la sua proiezione trasversale alla direzione del vento.

In caso contrario, il pennacchio emesso subisce l'influenza idrodinamica dell'edificio che viene normalmente modellizzato, soprattutto nei modelli Gaussiani a Plume, inserendo dei fattori correttivi che modificano i parametri di dispersione e innalzamento del pennacchio.

In ogni caso, si ammette che per camini medi l'effetto edificio sia trascurabile per velocità di uscita superiori a 5 volte la velocità del vento, mentre per grandi camini l'effetto è spesso trascurabile già per velocità di uscita pari a 1,5 volte la velocità del vento. Il valore esatto della minima velocità di uscita tale da garantire il non manifestarsi della condizione di downwash dipende dalle condizioni specifiche del sito, ma per un camino di grandi dimensioni un valore pari al doppio della velocità del vento appare ragionevole.

La presenza di effetto building downwash è stata considerata nel presente studio modellistico, tenendo conto dell'effetto perturbante provocato dagli edifici del Data Center e dei generatori sulle

emissioni rilasciate dalle sorgenti emissive simulate. In particolare, sono stati considerati gli edifici raffigurati di seguito.

Figura 18 Posizione degli edifici considerati per il building downwash

4.6 Assunzioni modellistiche

4.6.1 Deposizione secca e umida

Il modello non tiene conto delle deposizioni secche e umide e delle reazioni chimiche degli inquinanti che nella realtà avvengono e che sono responsabili di una riduzione delle concentrazioni di macroinquinanti nell'atmosfera. Pertanto, i risultati sovrastimano il probabile contributo effettivo delle sorgenti emissive. L'approccio fornisce un quadro conservativo massimizzando i valori di concentrazione modellati degli inquinanti nel dominio di campionamento.

4.6.2 Polveri

Per quanto riguarda le polveri, dato che il valore di input non distingue tra PM10 e PM2,5, si è deciso di assumere la totalità del particolato emesso, distintamente, in primo luogo come PM10 e in secondo luogo come PM2,5. I risultati simulati per il PM sono stati quindi confrontati separatamente con il valore limite per il PM10 e con quello per il PM2,5.

4.6.3 Percentuale di ossidazione dell'ossido nitrico in biossido di azoto

Durante il processo di combustione si generano due inquinanti a base di azoto:

- Biossido di azoto (NO_2);

- Monossido di azoto (NO).

NO_2 è l'inquinante di interesse dal punto di vista della salute, poiché è considerato il più tossico dei due, mentre il NO è in gran parte inerte. Le emissioni dal camino saranno inizialmente composte principalmente da NO, ma attraverso varie reazioni chimiche che avverranno nell'atmosfera, una parte del NO sarà convertita in NO_2. Questo avviene perché le reazioni chimiche richiedono tempo per verificarsi e anche perché coinvolgono altri prodotti chimici atmosferici come l'ozono, un processo che limiterà la velocità della reazione e quindi la generazione di NO_2. La conversione del NO in NO_2 è in parte una funzione della quantità di ozono nell'aria ambiente e del tempo di percorrenza del pennacchio nell'atmosfera (con il tempo, più ozono viene intrappolato nel pennacchio e quindi può avvenire una maggiore conversione).

Nello studio attuale la conversione è stata effettuata mediante procedura ARM2, sviluppata da AUS-EPA e basata sul perfezionamento della metodologia ARM (Ambient Ratio Method)

ARM2 permette di definire il rapporto NO2/NOx utilizzando la seguente funzione polinomiale:

$$y = a * x^6 + b * x^5 + c * x^4 + d * x^3 + e * x^2 + f * x + g$$

dove:

- y = rapporto NO2/NOx da cui NO2 = y*NOx
- x = concentrazione di NOx calcolata dal modello
- a,b,c,d,e,f,g = coefficienti costanti della funzione interpolante i cui valori sono riportati nella tabella seguente:

Coefficiente	Per NO_x espressi in $\mu g/m^3$
a	$-1{,}1723*10^{-17}$
b	$4{,}2795*10^{-14}$
c	$-5{,}8345*10^{-11}$
d	$3{,}4555*10^{-08}$
e	$-5{,}6062*10^{-06}$
f	$-2{,}7383*10^{-03}$
g	1,2441

Tabella 5 – Coefficienti per equazione polinomiale ARM2 (fonte US EPA)

L'analisi dettagliata del procedimento che ha portato allo sviluppo della procedura ARM2 è descritto nella pubblicazione *Ratio Method Version 2 (ARM2) for use with AERMOD for 1-hr NO2 Modeling.*

La procedura ARM2, secondo le indicazioni EPA riportate nella pubblicazione citata, è applicabile per valori del rapporto NO_2/NO_x compresi nell'intervallo [0,2 – 0,9].

5. Risultati del sistema modellistico

Nei seguenti paragrafi sono riportati i risultati dello studio modellistico in termini di concentrazioni a livello del suolo degli inquinanti emessi dai vari camini per ciascuno scenario, come specificato precedentemente.

I risultati sono presentati coerentemente con i parametri statistici previsti dalla normativa applicabile in funzione dei periodi di mediazione normati e in aggiunta con le linee guida europee.

Gli output generati dal modello sotto forma di matrici di valori georeferenziati sono stati elaborati con il software ARCGIS (ESRI) specifico per operazioni di interpolazioni geostatistiche.

Il risultato di tale operazione è mostrato nelle successive figure riportate nei seguenti paragrafi, le quali riportano le mappe di isococentrazione delle massime ricadute al suolo per i diversi inquinanti simulati.

Per facilitare l'interpretazione delle mappe di isoconcentrazione e contestualizzare spazialmente i risultati modellistici, mostrando in modo chiaro dove si collocano i massimi di ricaduta simulati rispetto alle diverse tipologie di territorio, è stata inserita una mappa dell'uso prevalente del suolo (Figura 19), derivata dall'archivio "Corine Land Cover" prodotto dall'European Environment Agency.

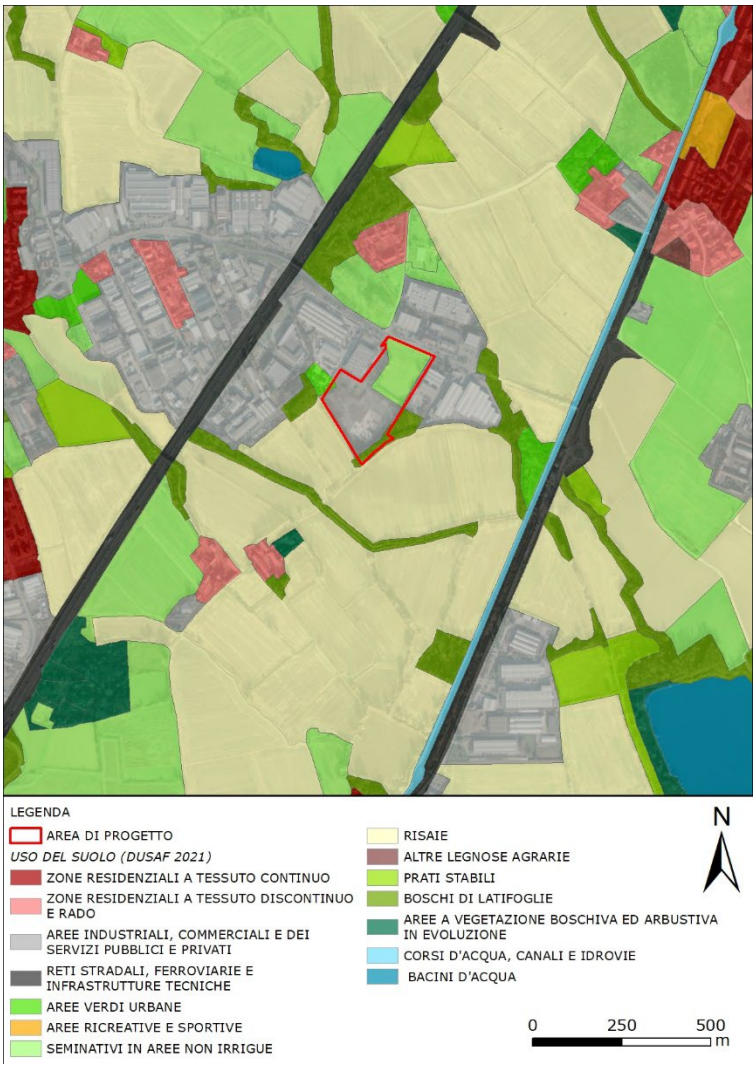

Figura 19 Mappa di Uso del Suolo nell'area di Progetto (fonte: Archivio Corine Land Cover)

5.1 Scenario di manutenzione

Nella tabella che segue sono mostrati i valori risultanti dalle simulazioni, confrontati con i limiti imposti dalla normativa italiana e dalle linee guida europee. Per ogni inquinante e per ogni limite è stato valutato il valore massimo fuori dal perimetro del sito sul periodo di pesatura richiesto dal limite stesso.

Inquinante	Periodo di mediazioni	Normativa	Valore limite µg/m3	Valore massimo calcolato al di fuori del perimetro del sito µg/m3
NO_2	4° Valore Massimo Orario	EU 2024/2881	200	28,48
	19° Valore massimo giornaliero	EU 2024/2881	50	0,40
	19° Valore Massimo Orario	D.lgs 155	200	9,61
	Massimo sull'anno civile	D.lgs 155/EU 2024/2881	40/20	0,064
CO	Massimo della media 8h	D.lgs 155	10000	86,2
PM10 e PM2.5	36° Valore massimo giornaliero (PM10)	D.lgs 155	50	0,016
	Massimo sull'anno civile (PM10)	D.lgs 155/EU 2024/2881	40/20	0,005
	19° Valore massimo giornaliero	EU 2024/2881	45 (PM10) 25 (PM2.5)	0,026
	Massimo sull'anno civile (PM2.5)	D.lgs 155/EU 2024/2881	25/10	0,005
NH_3	Massimo valore giornaliero	OMS - Linee Guida Europee per la Qualità dell'Aria, 2000 (limite per la protezione della vegetazione)	270	0,113
	Massimo sull'anno civile		8	0,003

Tabella 6 – Risultati modellistici per lo scenario di manutenzione su tutti gli inquinanti e confronto con i limiti da normativa

Come si evince dai valori riportati in Tabella, i valori massimi simulati sono ampiamente al di sotto dei limiti di legge e quasi tutti di due o più ordini di grandezza più piccoli. Inoltre, come visibile dalle mappe riportate di seguito e come illustrato in Figura 19, i massimi ricadono dentro il perimetro di impianto o in zone a destinazione industriale o agricola, prive di recettori sensibili e di presenza umana stabile. Con riferimento alle concentrazioni di background di PM e NO_2 nell'area, come illustrato nel paragrafo 3, le concentrazioni massime annuali ottenute dalle simulazioni risultano di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto ai valori rilevati dalle centraline di monitoraggio.

Come indicato al paragrafo 4.3.3, le emissioni di NO_2 sono state simulate tenendo conto dell'attivazione del sistema SCR per la riduzione degli ossidi di azoto. Vale tuttavia la pena notare che, anche in assenza di questo sistema di abbattimento, le concentrazioni massime di NO_2 a livello del suolo rimarrebbero comunque al di sotto degli attuali limiti normativi.

In linea con l'approccio dell'UK Environmental Agency[2], ripreso anche nelle Linee Guida ISPRA, i valori sono stati confrontati con soglie di riferimento per il quale sono da considerarsi non significativi impatti inferiori all'1% del corrispondente valore limite long term o inferiori al 10% del valore limite short term.

In particolare, tutti gli inquinanti valutati su base annua (long-term) mostrano massimi valori simulati al di sotto dell'1% rispetto al corrispondente limite. Per quanto riguarda i massimi valori simulati sul breve periodo (short term), essi risultano ampiamente al di sotto del 10% rispetto al corrispettivo limite. L'unica eccezione è rappresentata dal 4° valore massimo orario di NO_2, che raggiunge circa il 12% del limite. Tuttavia, come mostrato in Figura 20, i massimi valori simulati ricadono all'interno del perimetro di sito.

Si riportano di seguito le mappe di isococentrazione delle massime ricadute al suolo per i diversi inquinanti simulati per il presente scenario.

[2] Air emissions risk assessment for your environmental permit - GOV.UK

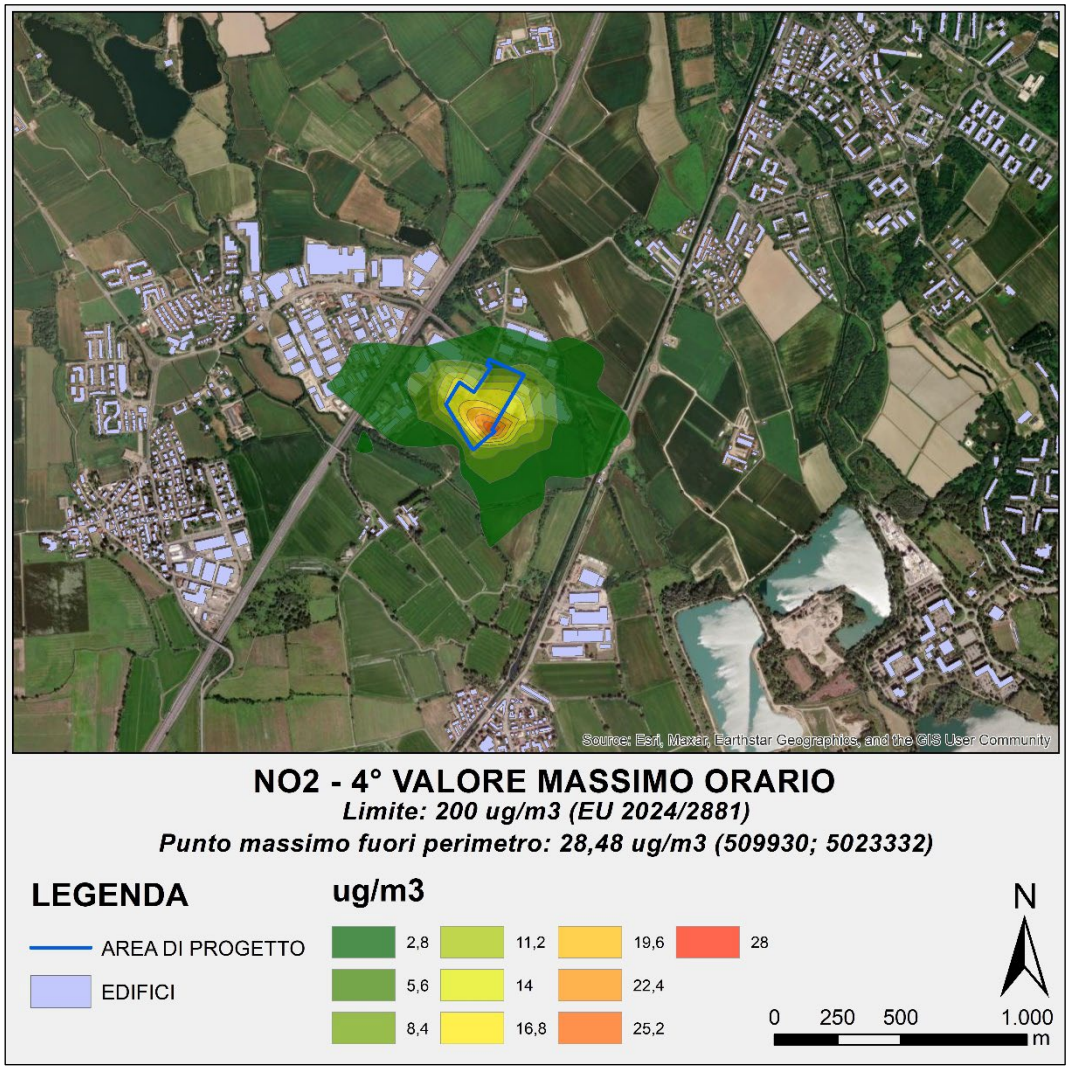

Figura 20 Mappa di isoconcentrazione del 4° Valore Massimo Orario per NO_2 per lo scenario di manutenzione

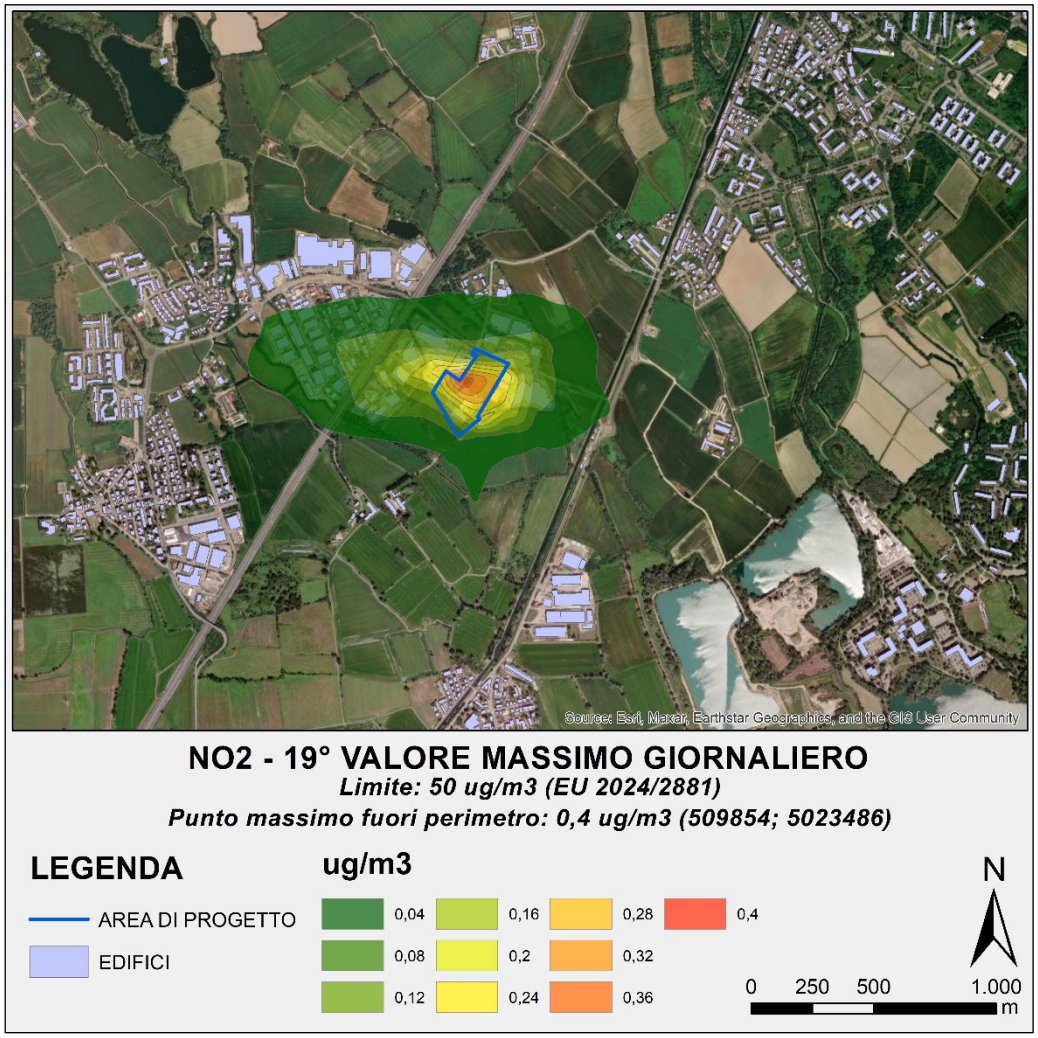

Figura 21 Mappa di isoconcentrazione del 19° Valore Massimo Giornaliero per NO_2 per lo scenario di manutenzione

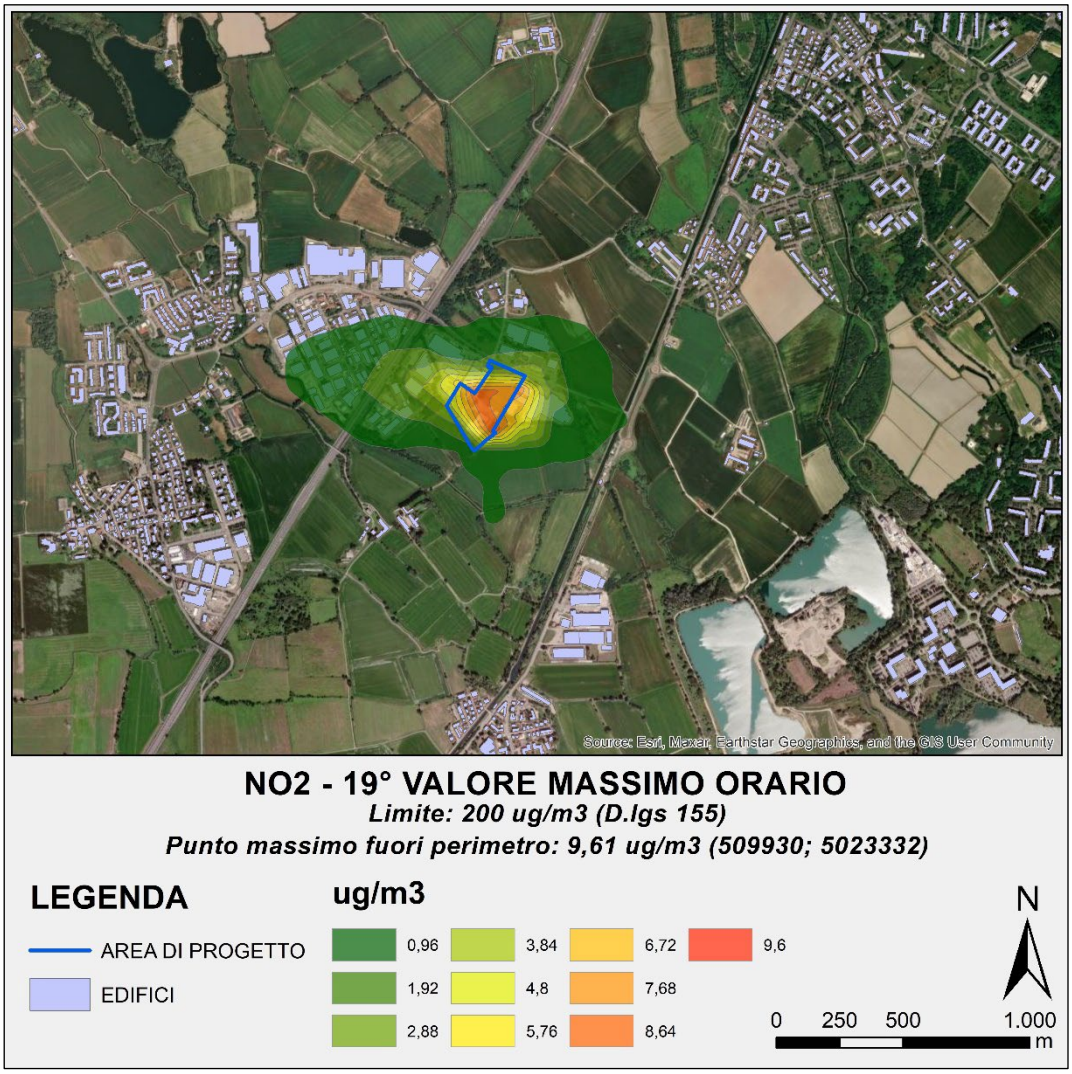

Figura 22 Mappa di isoconcentrazione del 19° Valore Massimo Orario per NO_2 per lo scenario di manutenzione

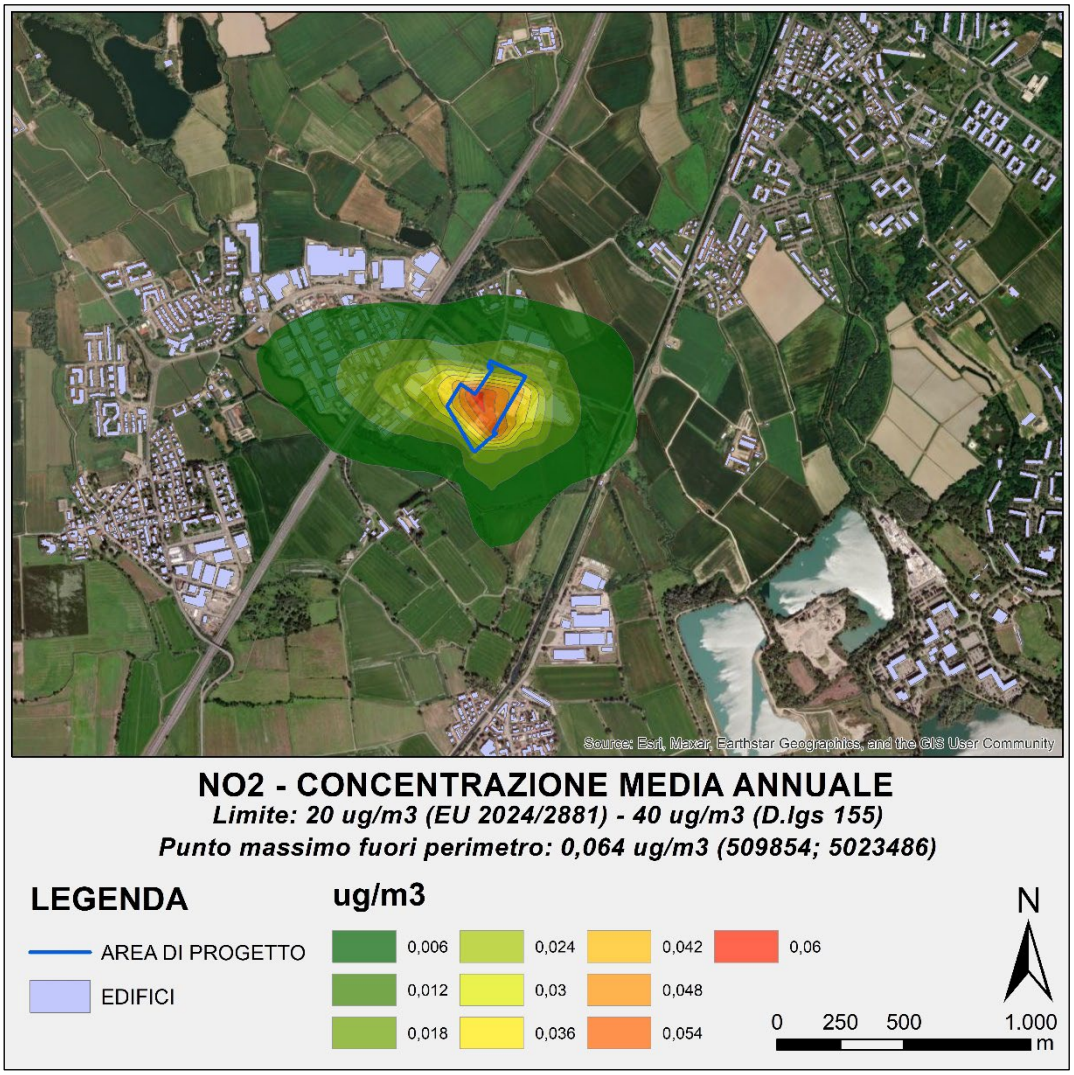

Figura 23 Mappa di isoconcentrazione della media di concentrazione annuale per NO_2 per lo scenario di manutenzione

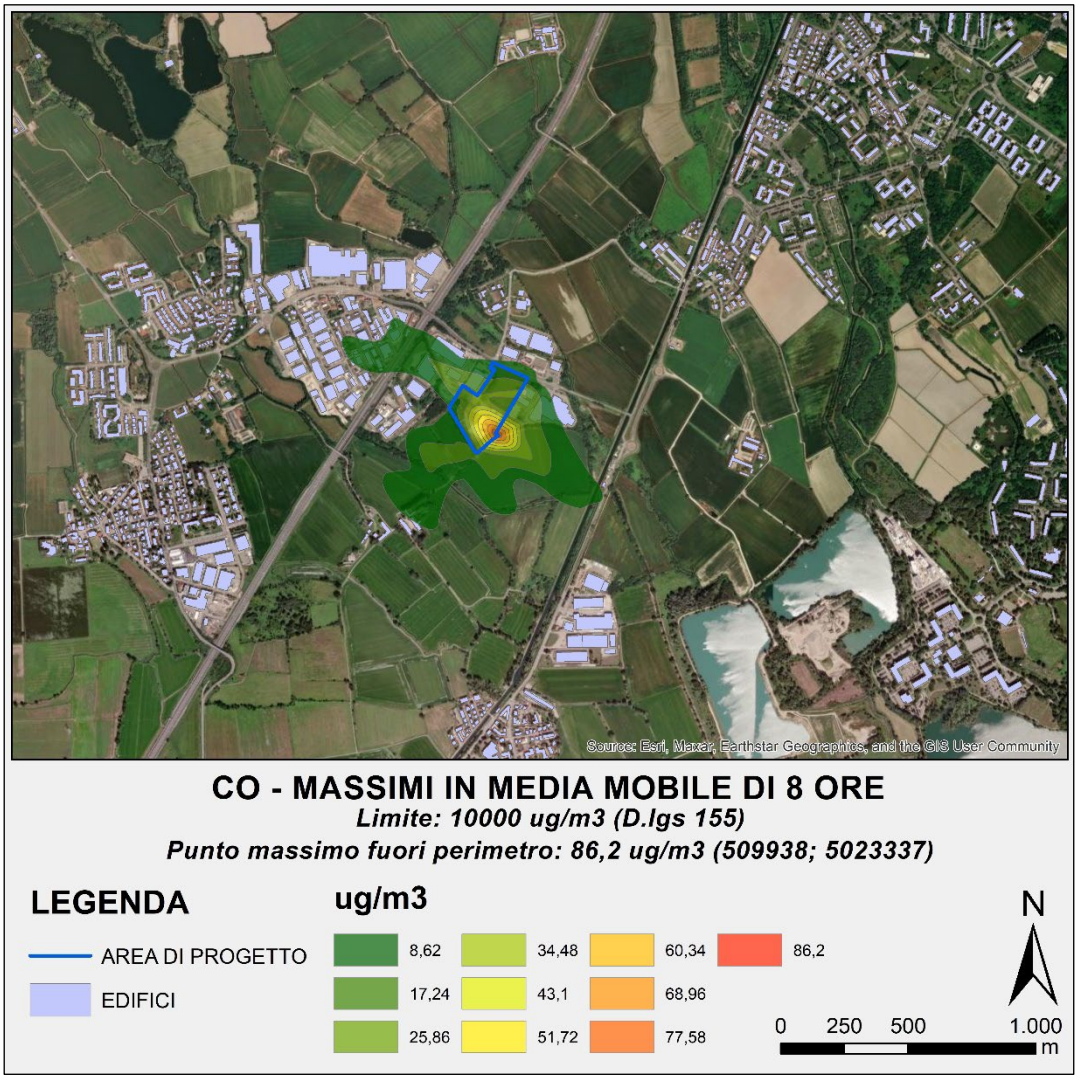

Figura 24 Mappa di isoconcentrazione del massimo della media mobile in 8 ore per CO nello scenario di manutenzione

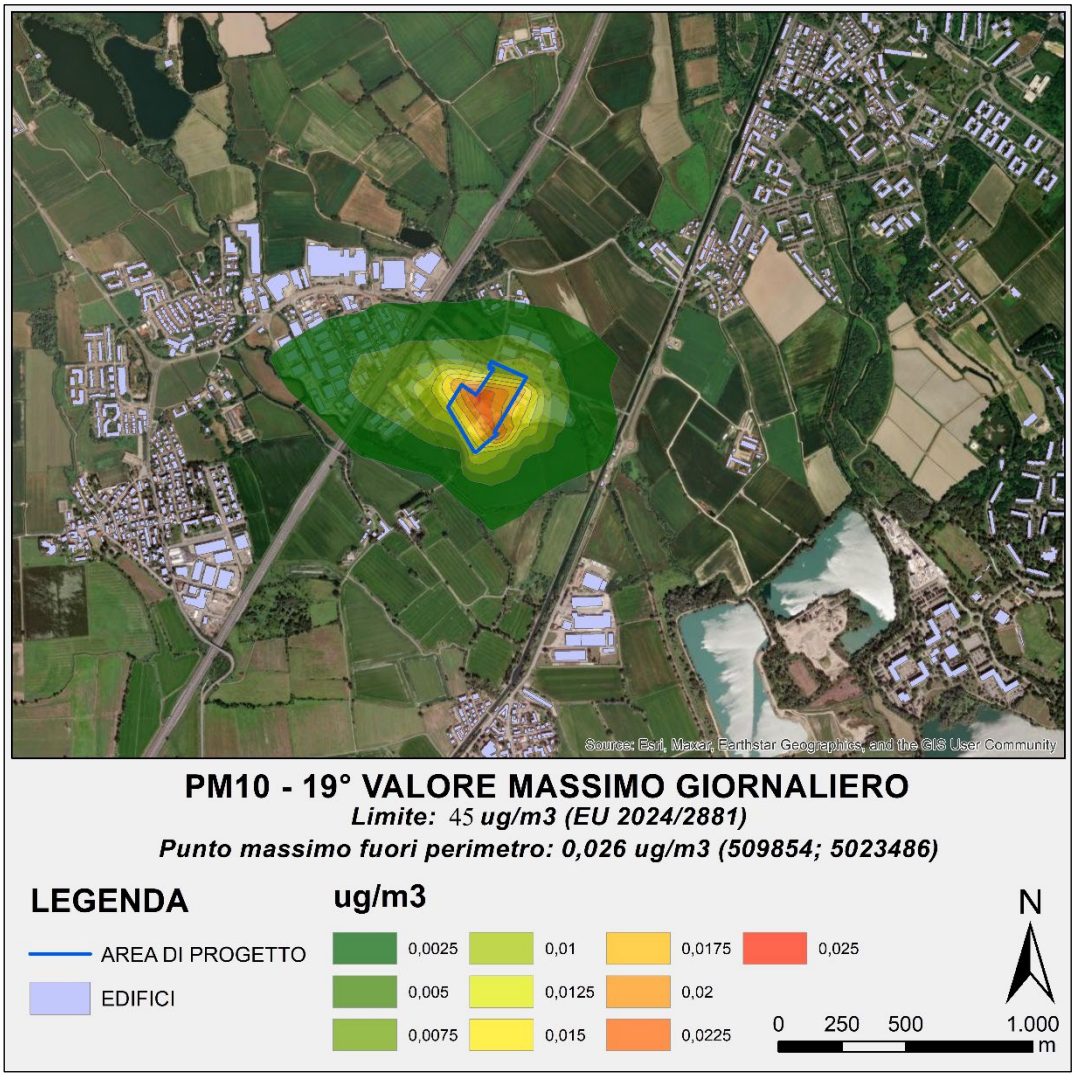

Figura 25 Mappa di isoconcentrazione del 19° Valore Massimo Giornaliero per PM_{10} e $PM_{2.5}$ per lo scenario di manutenzione

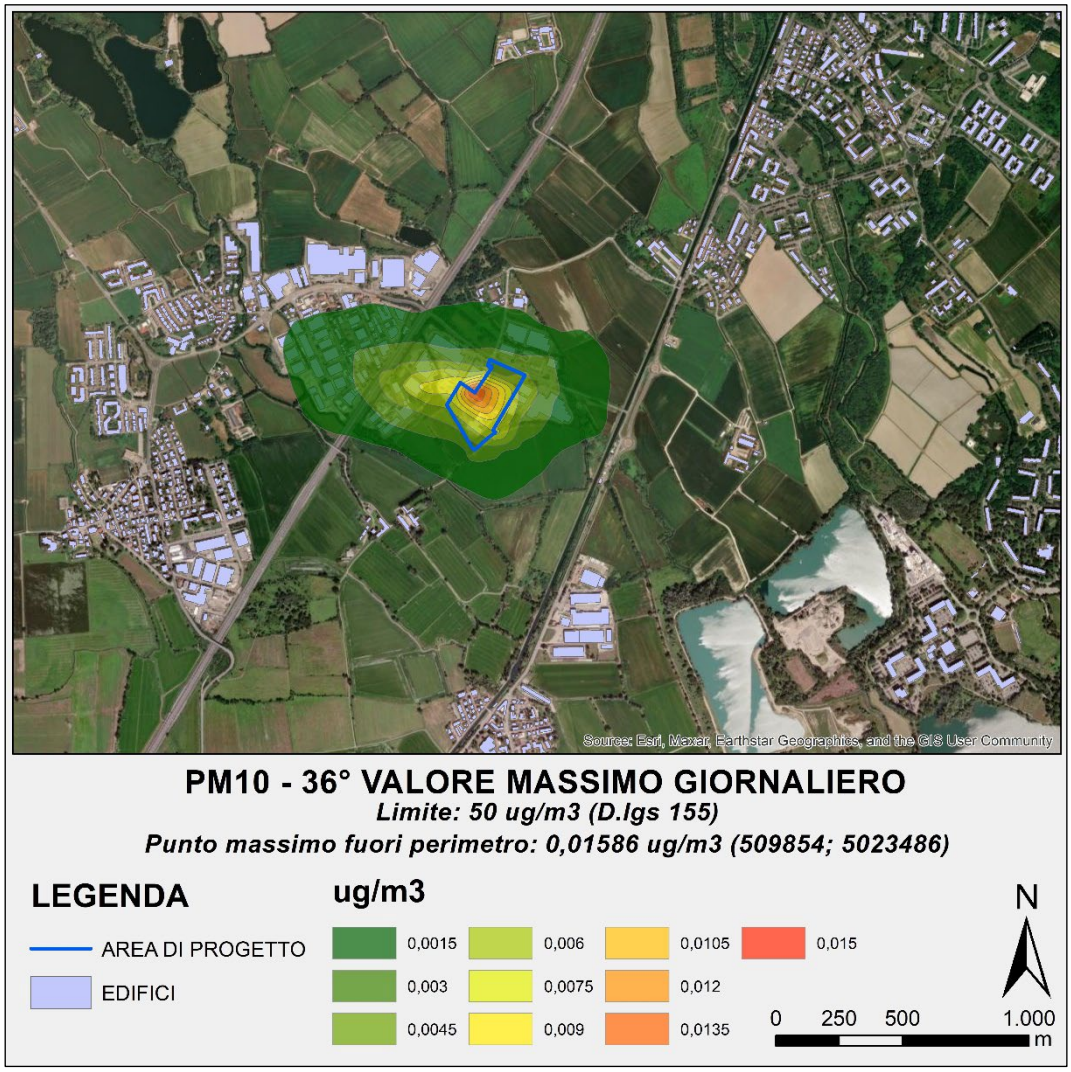

Figura 26 Mappa di isoconcentrazione del 36° Valore Massimo Giornaliero per PM_{10} e $PM_{2.5}$ per lo scenario di manutenzione

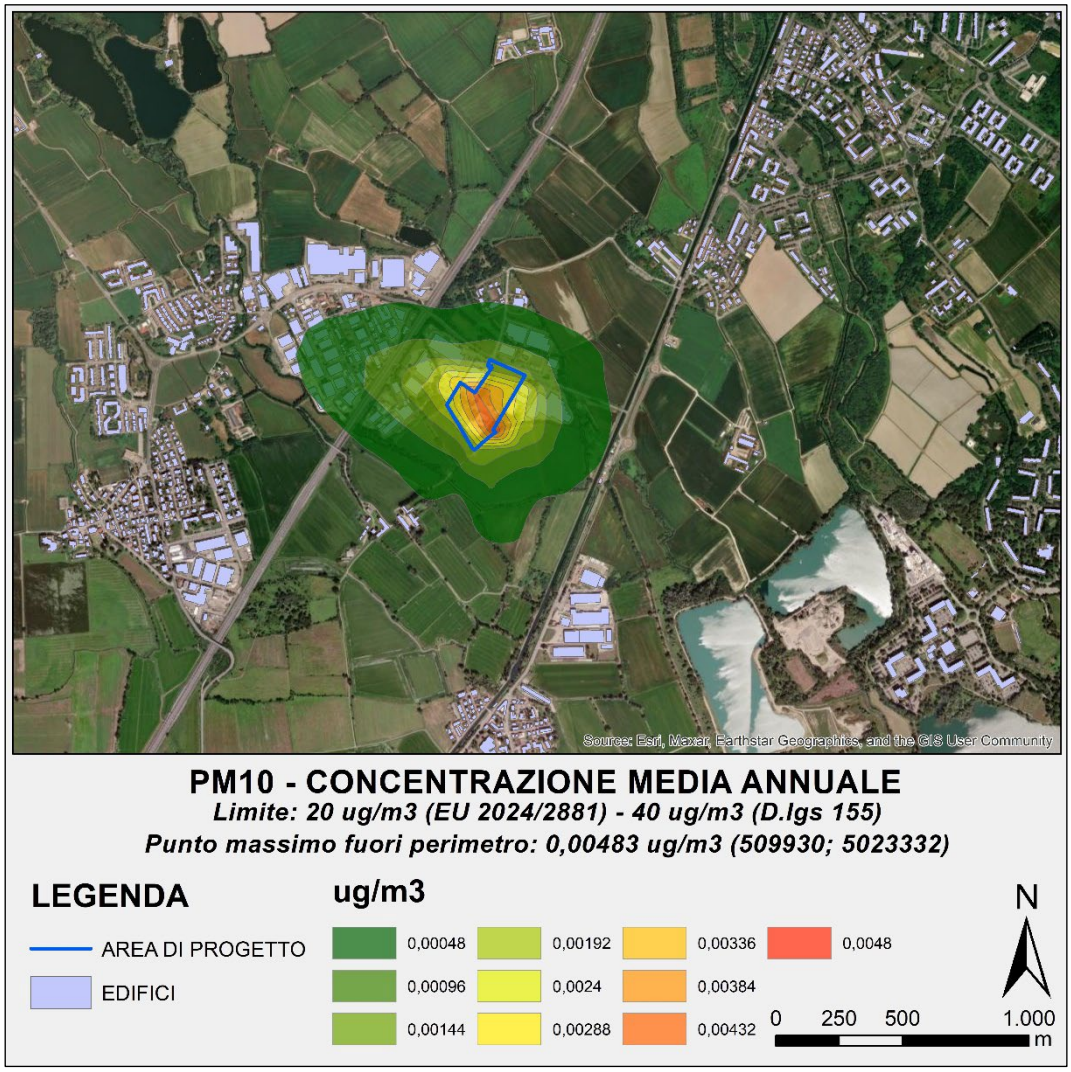

Figura 27 Mappa di isoconcentrazione della concentrazione Media Annuale per PM_{10} e $PM_{2.5}$ nello scenario di manutenzione

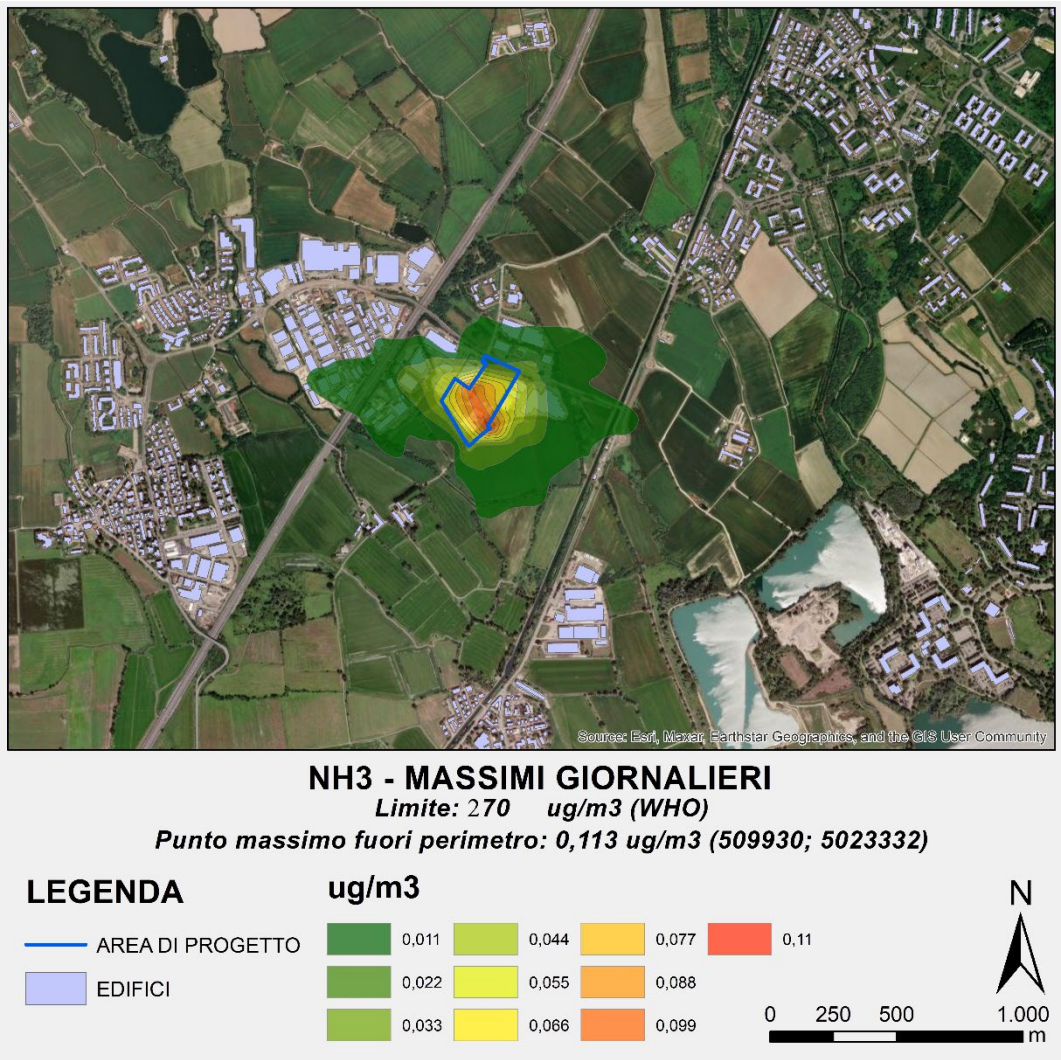

Figura 28 Mappa di isoconcentrazione della concentrazione massima giornaliera per NH_3 nello scenario di manutenzione

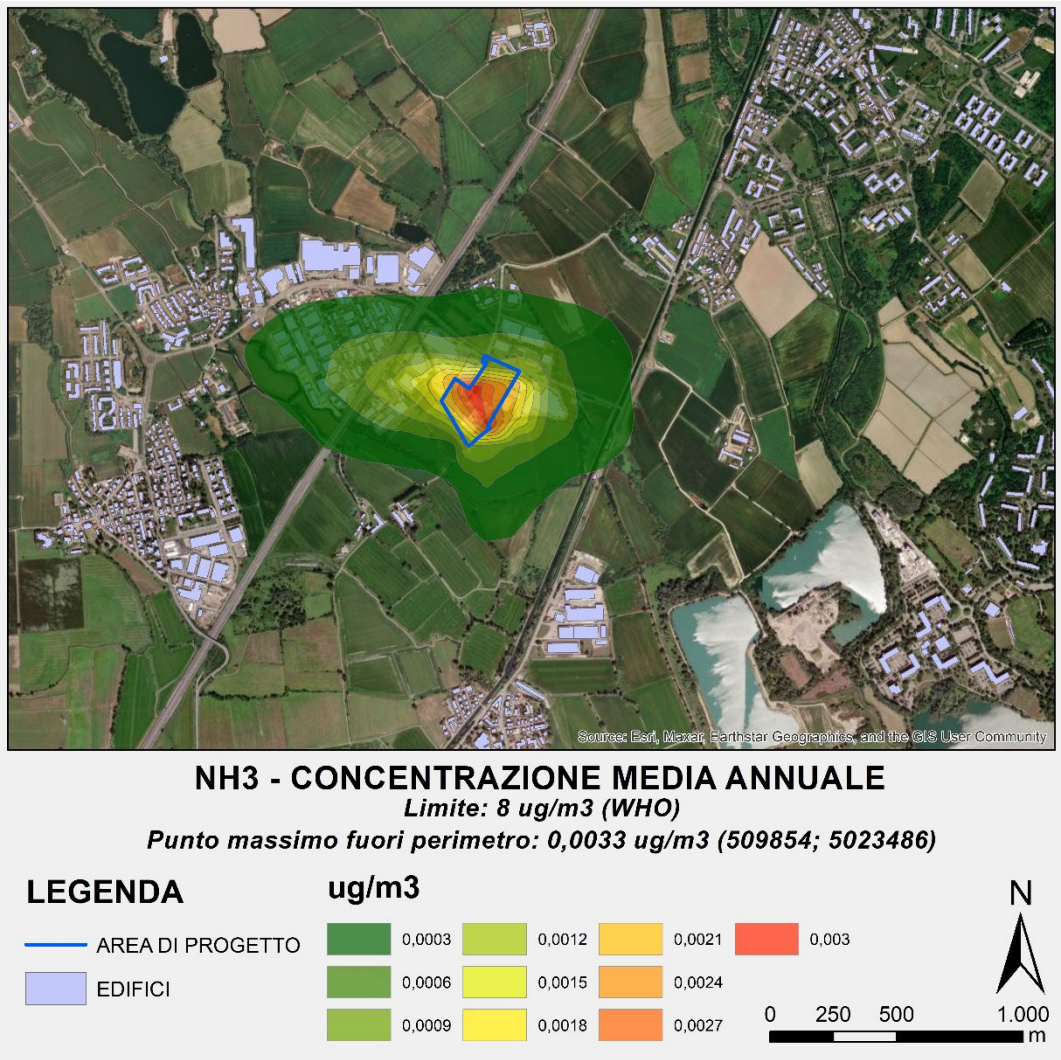

Figura 29 Mappa di isoconcentrazione della concentrazione media annuale per NH_3 nello scenario di manutenzione

5.2 Scenario di emergenza

Seguendo l'approccio indicato al Paragrafo 4.4.2, tramite un modello preliminare di screening basato sull'inquinante NOx è stato identificato il momento peggiore a livello di condizioni meteo-diffusive nel dominio temporale di calcolo in cui potrebbe verificarsi un blackout e la conseguente accensione dei generatori per una durata di 72 ore. Questo periodo è risultato essere le 72 ore intorno alle 23.00 del 14/04/2024.

In tabella sono quindi indicati i nuovi risultati forniti dal modello per lo scenario di emergenza:

Inquinante	Periodo di mediazione	Normativa	Valore limite µg/m3	Valore massimo calcolato al di fuori del perimetro del sito µg/m3
NO_2	4° Valore Massimo Orario	EU 2024/2881	200	139,4
	19° Valore massimo giornaliero	EU 2024/2881	50	0,45

	19° Valore Massimo Orario	D.lgs 155	200	108,8
	Massimo sull'anno civile	D.lgs 155 / EU 2024/2881	40/20	0,51
CO	Massimo della media 8h	D.lgs 155	10000	307,34
PM10 e PM2.5	36° Valore massimo giornaliero (PM10)	D.lgs 155	50	0,017
	Massimo sull'anno civile (PM10)	D.lgs 155 / EU 2024/2881	40/20	0,045
	19° Valore massimo giornaliero	EU 2024/2881	45 (PM10) 25 (PM2.5)	0,032
	Massimo sull'anno civile (PM2.5)	D.lgs 155 / EU 2024/2881	25/10	0,045
NH_3	Massimo valore giornaliero	OMS - Linee Guida Europee per la Qualità dell'Aria, 2000 (limite per la protezione della vegetazione)	270	4,1
	Massimo sull'anno civile		8	0,03

Tabella 7 – Risultati modellistici per lo scenario di emergenza su tutti gli inquinanti e confronto con i limiti da normativa

Come si può osservare dai valori riportati nella tabella, i valori simulati sono tutti al di sotto dei limiti di legge e, in alcuni casi, di diversi ordini di grandezza inferiori.

Inoltre, come visibile dalle mappe riportate di seguito e come illustrato in Figura 19, i massimi ricadono dentro il perimetro di impianto o in zone a destinazione industriale o agricola, prive di recettori sensibili e di presenza umana stabile.

Con riferimento alle concentrazioni di background di PM e NO_2 nell'area, come illustrato nel paragrafo 3, le concentrazioni massime annuali ottenute dalle simulazioni risultano di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto ai valori rilevati dalle centraline di monitoraggio.

Come già riportato nel paragrafo precedente, i valori sono stati confrontati con soglie di riferimento definite dall'UK Environmental Agency, per il quale sono da considerarsi non significativi impatti inferiori all'1% del corrispondente valore limite long term o inferiori al 10% del valore limite short term.

In particolare, gli inquinanti valutati su base annua presentano valori calcolati inferiori all'1% del rispettivo valore limite, ad eccezione del massimo sull'anno civile di NO_2, per un'area tuttavia immediamente prossima al perimetro di progetto interessando porzioni di territorio adibite ad uso industriale o agricolo.

Per quanto riguarda i valori a breve termine, la maggior parte degli inquinanti presenta concentrazioni inferiori al 10% del limite normativo. Fanno eccezione il 4° valore massimo orario e il 19° valore massimo orario di NO_2, che superano questa soglia (10% del limite) nelle vicinanze del sito, in aree industriali, agricole e parzialmente urbanizzate.

Si riportano di seguito le mappe di isococentrazione delle massime ricadute al suolo per i diversi inquinanti simulati per il presente scenario che evidenziano chiaramente i massimi valori simulati ricadono sempre all'interno del perimetro di sito o in zone a destinazione industriale o agricola.

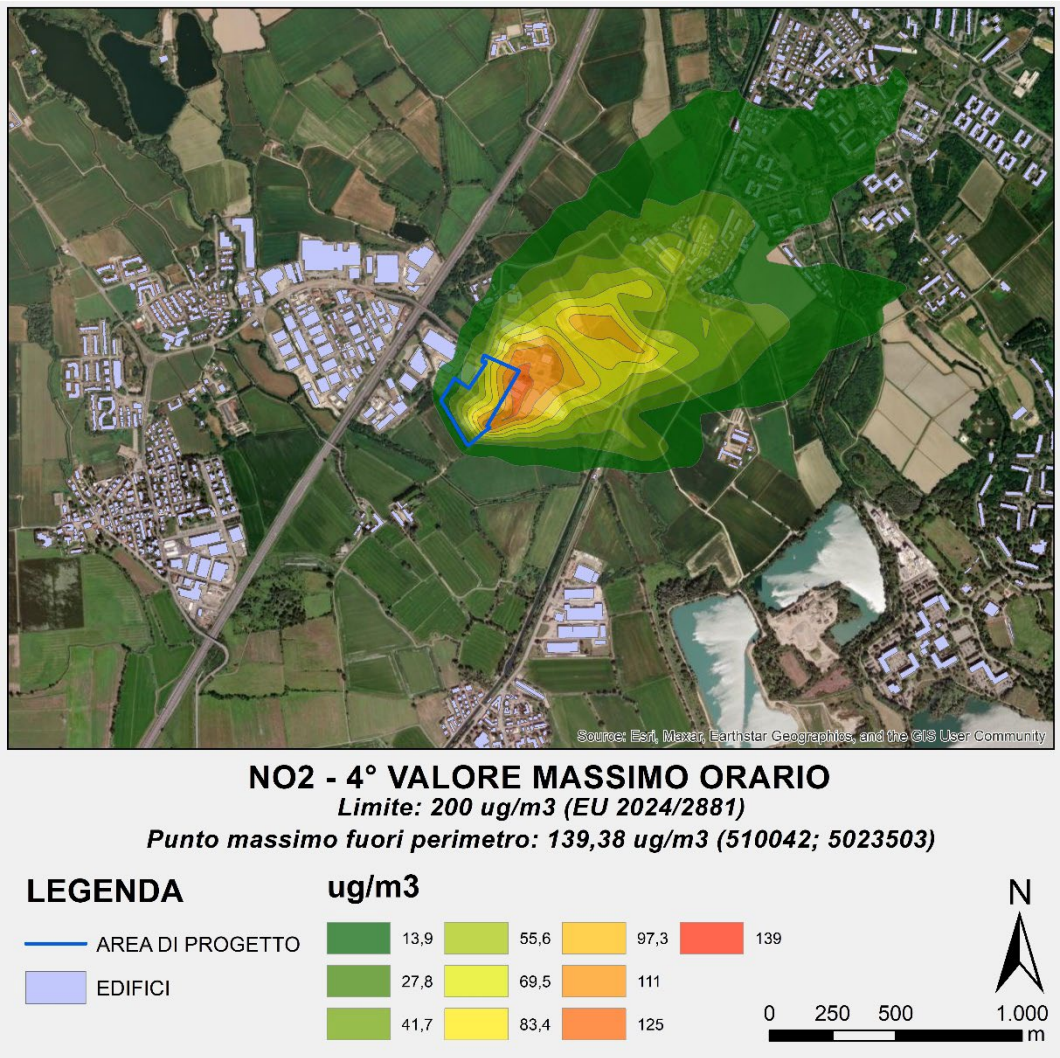

Figura 30 Mappa di isoconcentrazione del 4° Valore Massimo Orario per NO_2 per lo scenario di emergenza

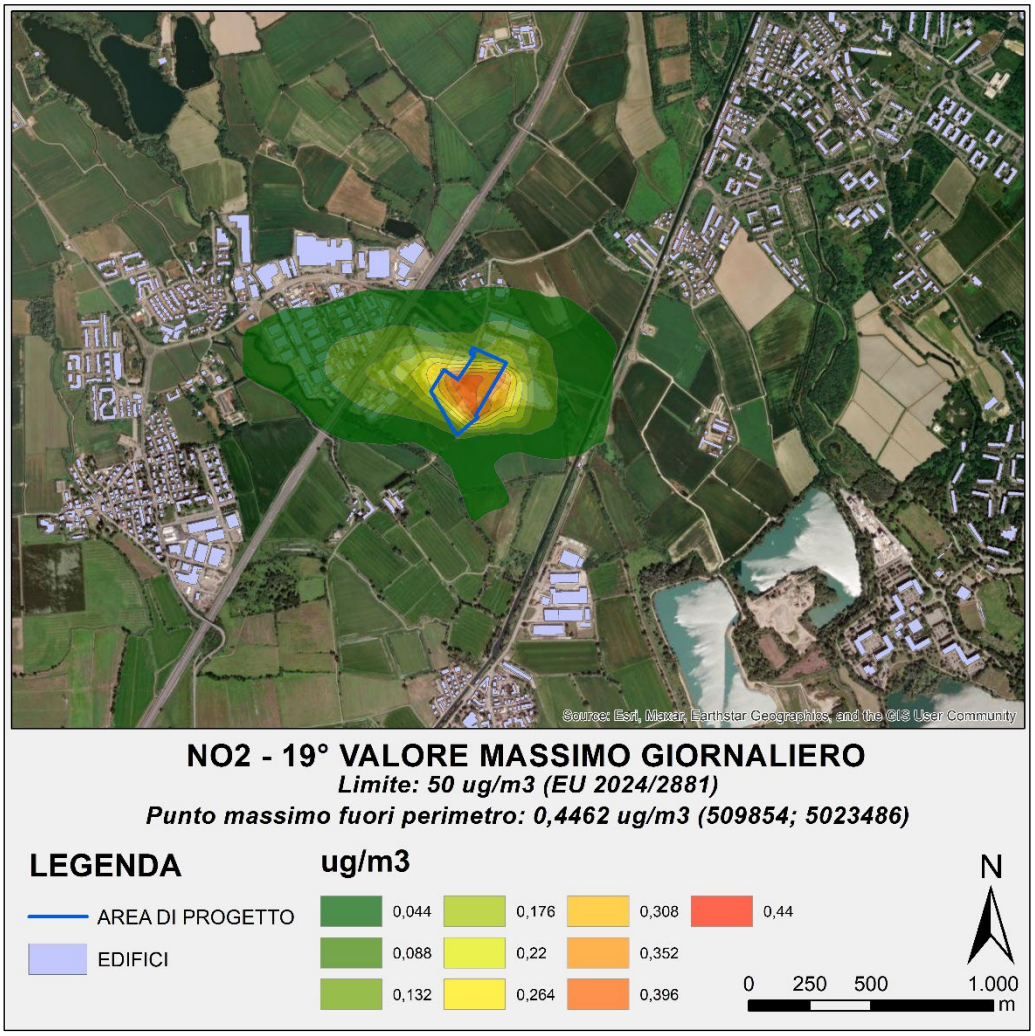

Figura 31 Mappa di isoconcentrazione del 19° Valore Massimo Giornaliero per NO_2 per lo scenario di emergenza

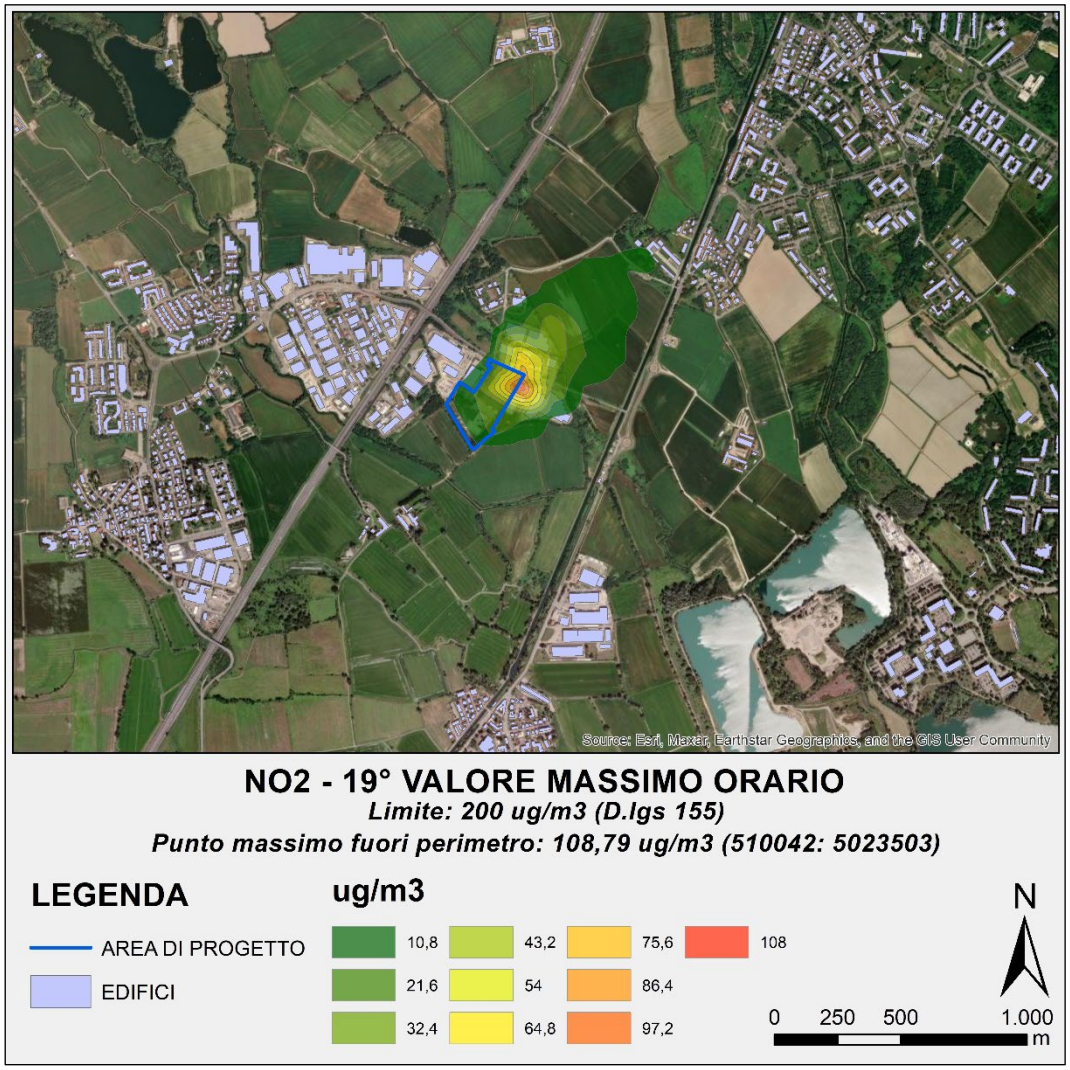

Figura 32 Mappa di isoconcentrazione del 19° Valore Massimo Orario per NO_2 per lo scenario di emergenza

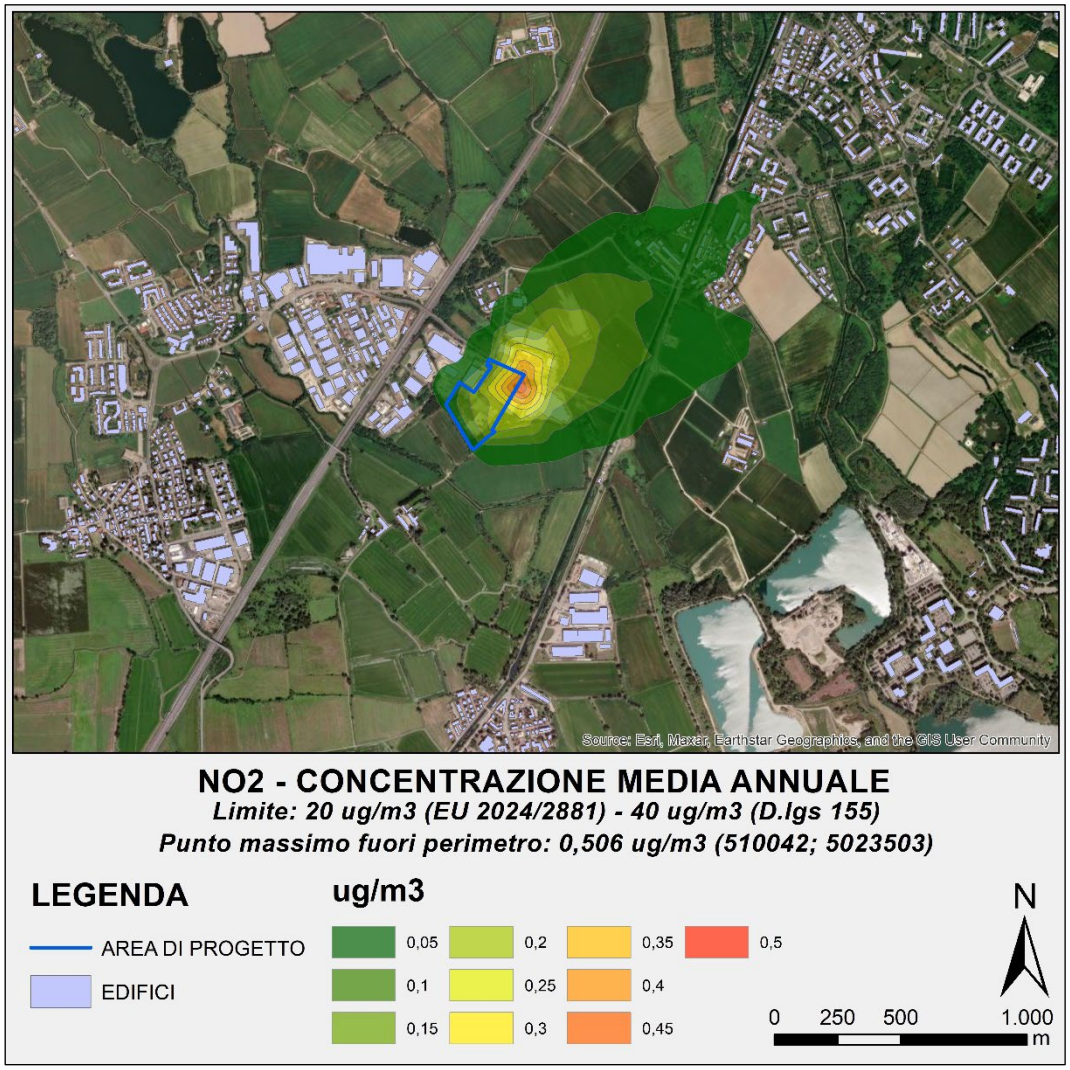

Figura 33 Mappa di isoconcentrazione della media di concentrazione annuale per NO_2 per lo scenario di emergenza

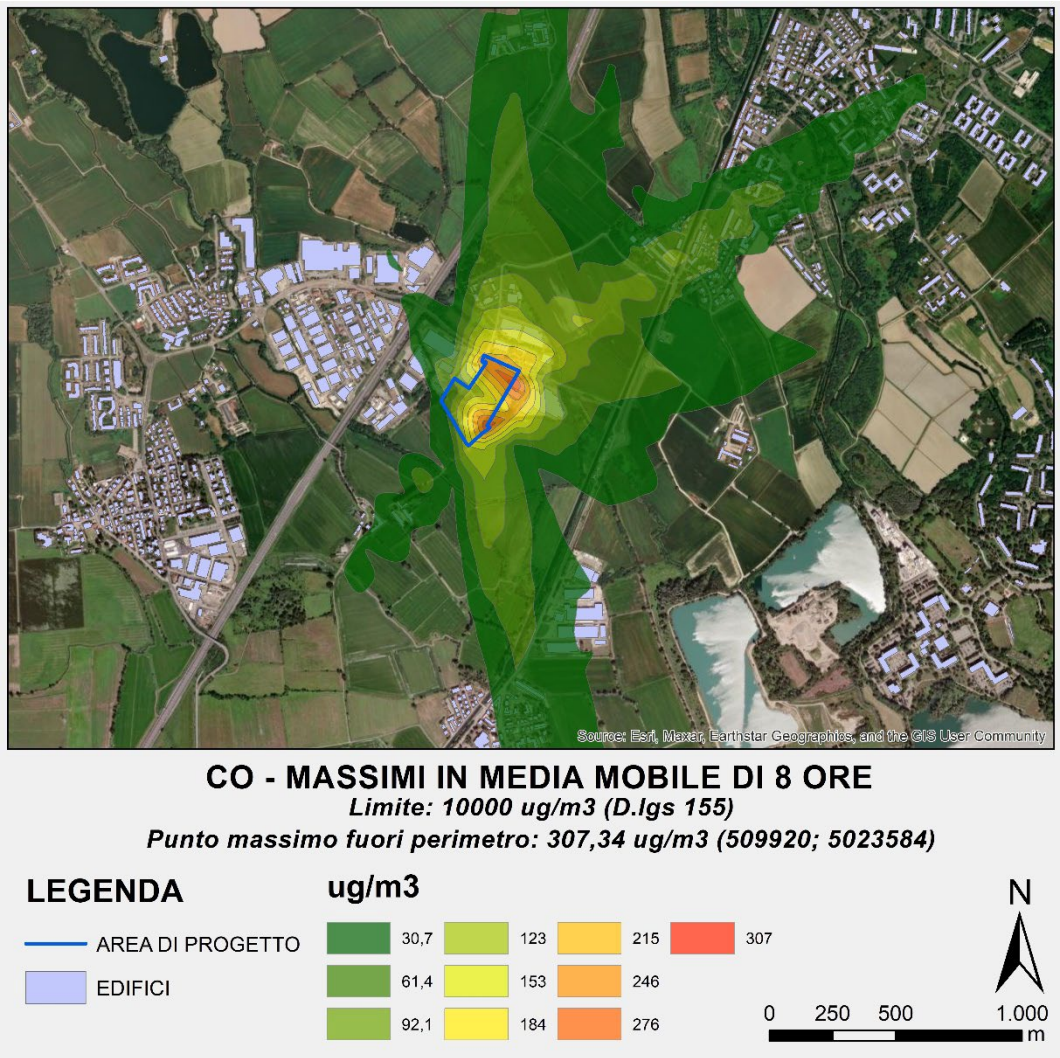

Figura 34 Mappa di isoconcentrazione del massimo della media mobile in 8 ore per CO per lo scenario di emergenza

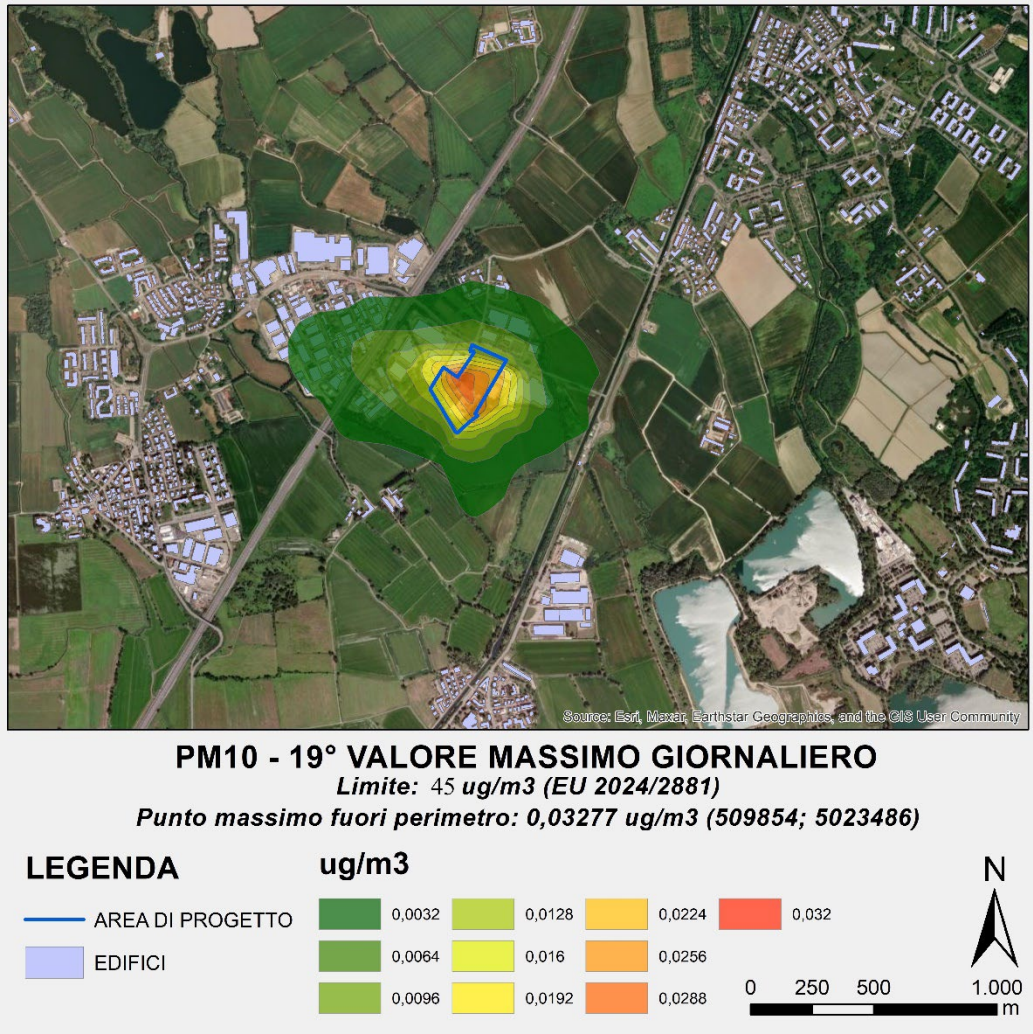

Figura 35 Mappa di isoconcentrazione del 19° Valore Massimo Giornaliero per PM_{10} e $PM_{2.5}$ per lo scenario di emergenza

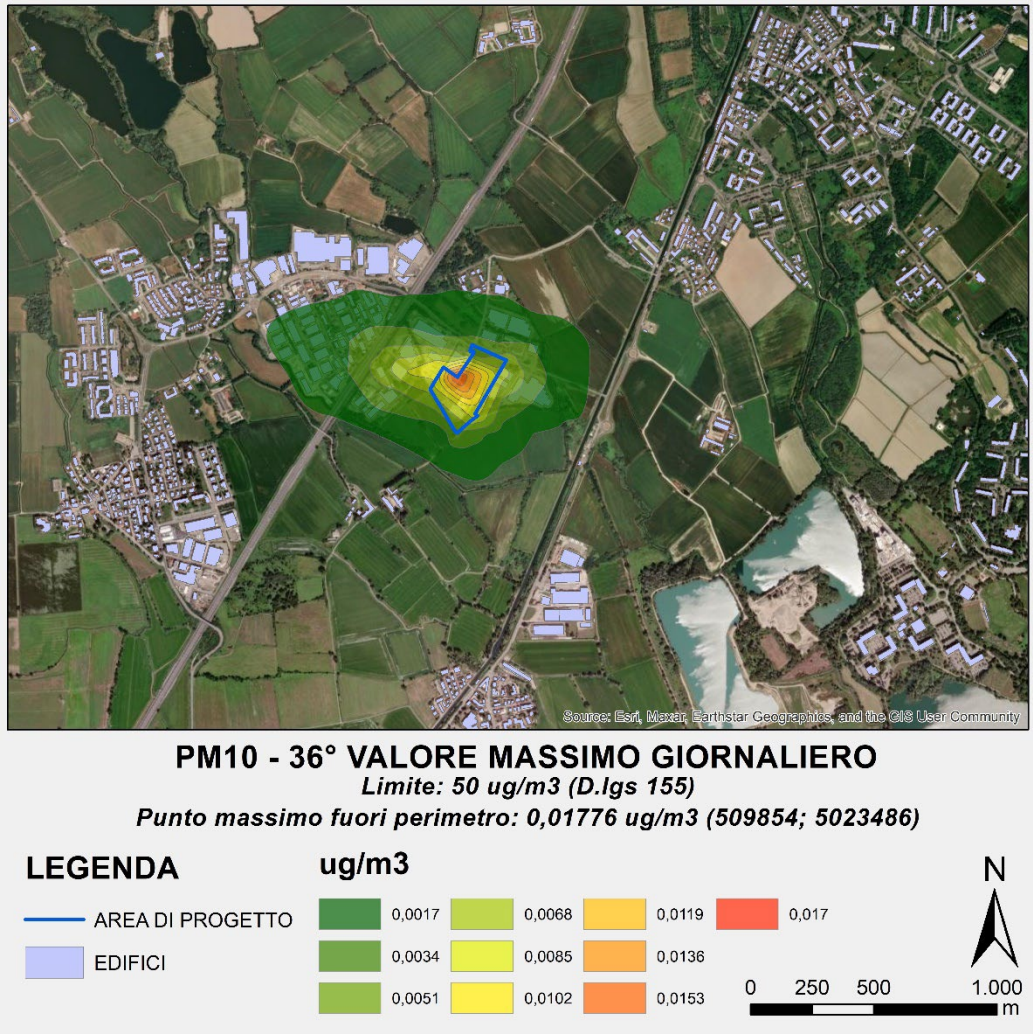

Figura 36 Mappa di isoconcentrazione del 36° Valore Massimo Giornaliero per PM_{10} e $PM_{2.5}$ per lo scenario di emergenza

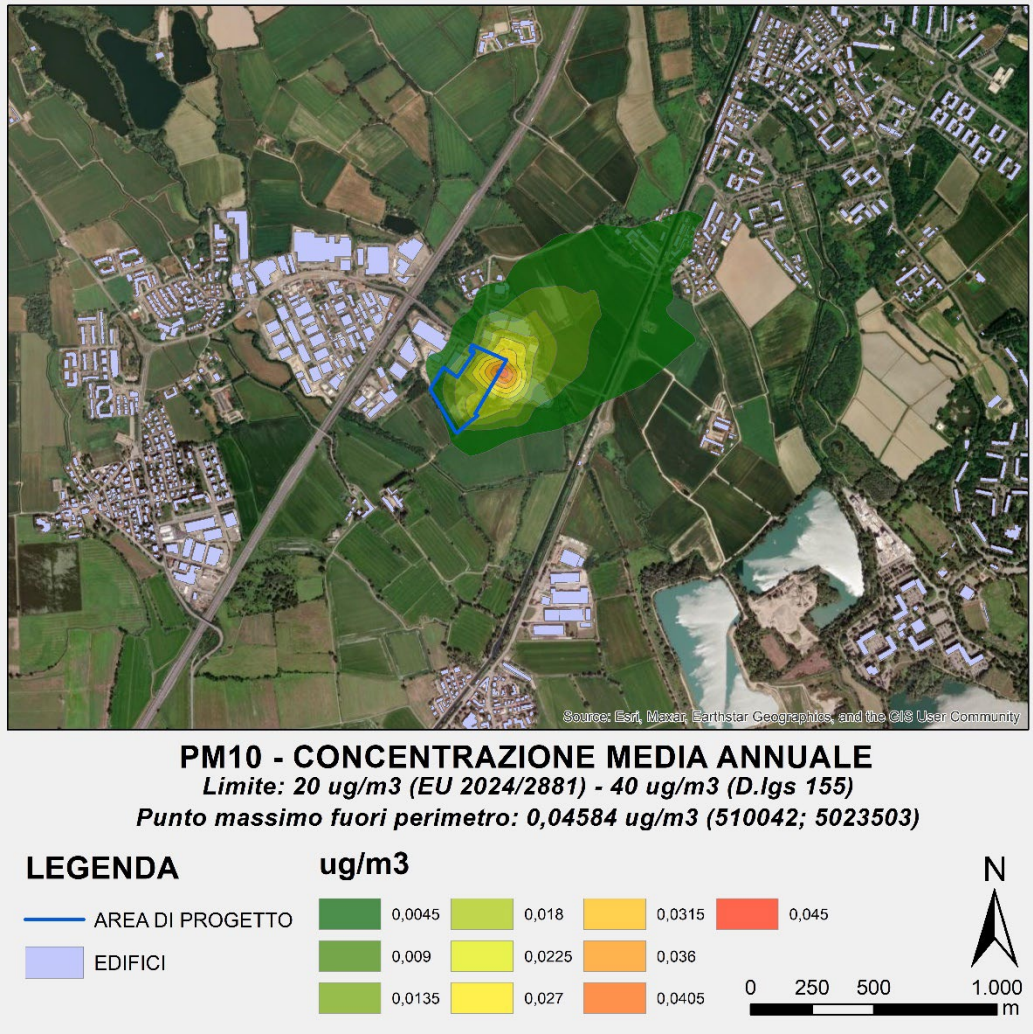

Figura 37 Mappa di isoconcentrazione della concentrazione Media Annuale per PM_{10} e $PM_{2.5}$ per lo scenario di emergenza

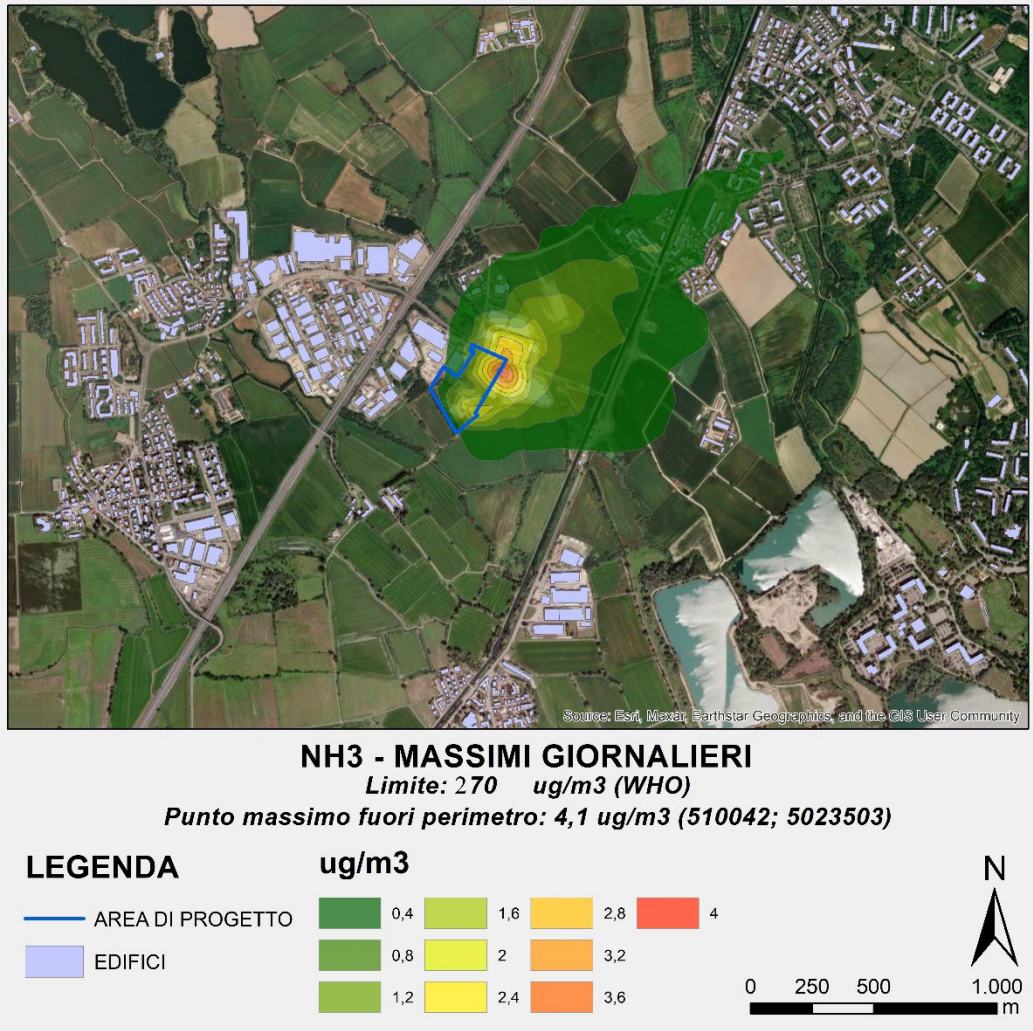

Figura 38 Mappa di isoconcentrazione della concentrazione massima giornaliera per NH_3 nello scenario di emergenza

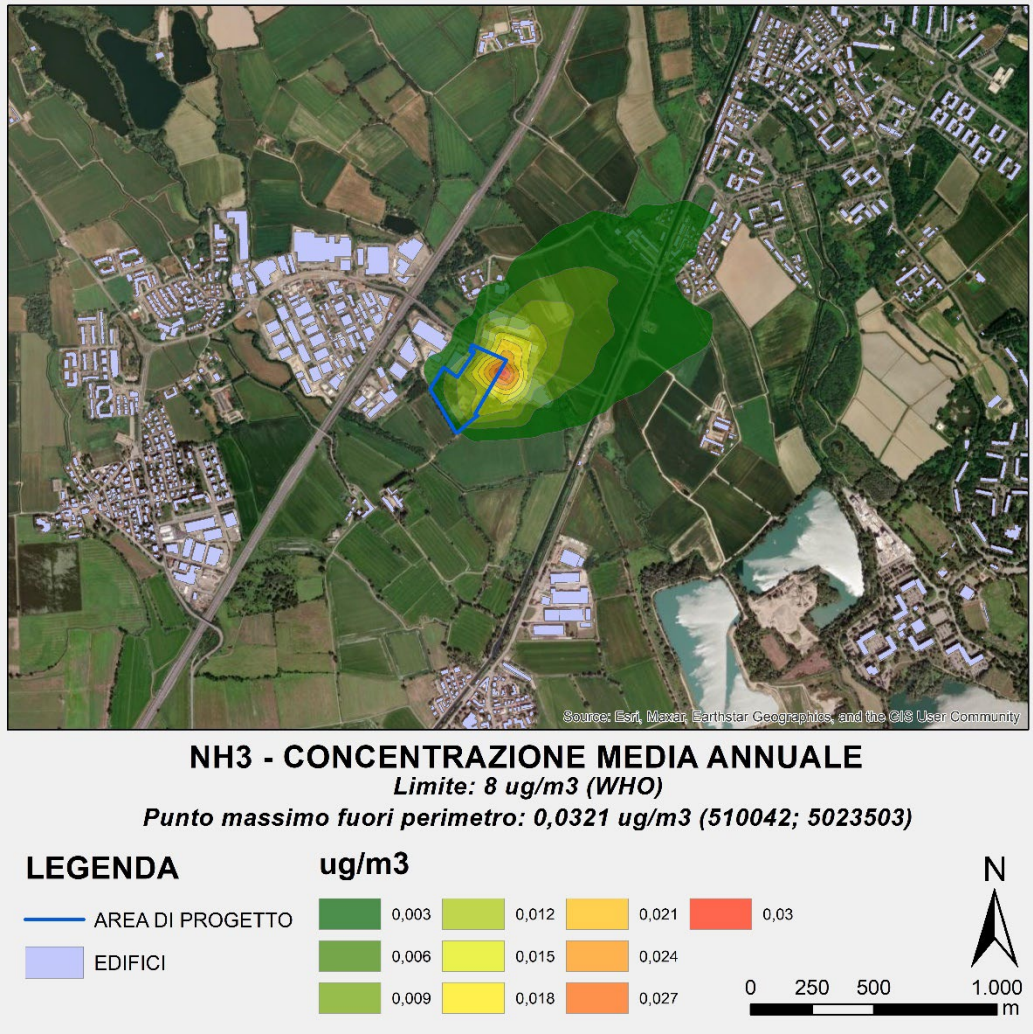

Figura 39 Mappa di isoconcentrazione della concentrazione media annuale per NH_3 nello scenario di emergenza

6. Conclusioni

Il presente studio descrive l'impatto in atmosfera previsto delle emissioni relative al progetto del Data Center Edificio A a Zibido S.Giacomo per lo scenario di manutenzione, che prevede l'accensione saltuaria di massimo 2 generatori al giorno (mai in contemporanea) per la manutenzione, per 16 ore l'anno per generatore, e per lo scenario di emergenza, che prevede il funzionamento in simultanea di tutti i generatori unicamente nel caso di blocco dell'approvvigionamento elettrico necessario al funzionamento dei server per una durata di 72 ore in aggiunta al normale funzionamento di manutenzione. Questa ipotesi è stata volutamente considerata seppur molto conservativa, al fine di valutare l'impatto massimo potenziale in condizioni di prolungata attività dei gruppi elettrogeni.

Nello studio è stato utilizzato il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera AERMOD, indicato dall'EPA (Environmental Protection Agency) degli Stati Uniti come uno dei possibili strumenti modellistici da utilizzare per simulare l'impatto in atmosfera di sostanze inerti in presenza di terreno complesso e condizioni meteorologiche non uniformi sul dominio di simulazione.

Il campo meteorologico per l'anno 2024 è stato ricostruito per mezzo del modello meteorologico diagnostico AERMET utilizzando in input l'output del modello meteorologico a mesoscala MM5.

Le simulazioni di dispersione degli inquinanti (NO_2, CO, PM_{10}, $PM_{2,5}$ e NH_3) che si prevede emessi dal Data Center sono state condotte con dettaglio orario su tutte le ore dell'anno di simulazione. I dati di output orari sono quindi stati processati allo scopo di ottenere le statistiche di interesse normativo.

I valori calcolati, per entrambi gli scenari, rimangono sempre minori rispetto ai valori limite stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 e dalla direttiva Europea *on ambient air quality and cleaner air for Europe* 2024/2881, nonché dalle Linee Guida Europee per la Qualità dell'Aria definite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel 2000.

In particolare:

- Nello scenario di manutenzione, i massimi valori delle concentrazioni simulate risultano essere, rispetto ai limiti di legge e della nuova direttiva EU 2024/2881, di uno, due o più ordini di grandezza più piccoli;
- Nello scenario di emergenza, nonostante l'ipotesi conservativa di funzionamento simultaneo e continuativo di tutti i generatori, le concentrazioni simulate di CO, PM_{10} e NH_3 risultano ben al di sotto dei limiti di legge, con valori inferiori di due o tre ordini di grandezza rispetto ai valori soglia.

Inoltre, tutti i valori massimi simulati ricadono dentro il perimetro di impianto o in zone a destinazione prettamente industriale o agricola, prive di recettori sensibili e di presenza umana stabile.

In sintesi, l'analisi modellistica condotta dimostra che l'esercizio del nuovo Data Center non comporta superamenti dei limiti normativi previsti per la qualità dell'aria mantenendosi ben al di sotto di questi.

All. 4a - Caratteristiche emissive dei generatori

Parametro	*Unità di misura*	*Generatore da 2,8 MWe*	*Generatore di tipo "house"*
Numero di generatori	-	16	3
Temperatura dei fumi	°C	453	547
Velocità di uscita dei fumi	m/s	37,2	10,3
Diametro del camino	m	0,6	0,6
Altezza del camino	m	20	20
Portata dei fumi tal quale	m^3/h	10,53	2,92
Contenuto di O_2 nei fumi	%	10,3	8,8
Portata dei fumi secchi @5% O_2	Nm^3/h	3,08	3,32
Concentrazione di PM nei fumi (@5% O_2)	mg/Nm^3	6,4	21
Concentrazione di NOx nei fumi con SCR(@5% O_2)	mg/Nm^3	145	145
Concentrazione di CO nei fumi (@5% O_2)	mg/Nm^3	81	1620
Concentrazione di NH_3 nei fumi (@5% O_2)	mg/Nm^3	7	7
Flusso di massa di PM nei fumi	g/s	0,020	0,017
Flusso di massa di NOx con SCR nei fumi	g/s	0,447	0,120
Flusso di massa di CO nei fumi	g/s	0,250	1,341
Flusso di massa di NH3 nei fumi	g/s	0,021	0,006